TELEVISION POLICROMATICA

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

TELEVISION POLICROMATICA



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-677-8 (Vol. 27)
D. L.: B. 22449-1986

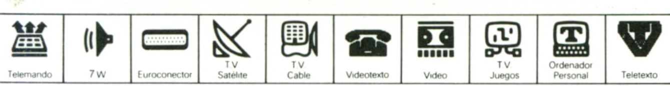
Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa   Provenza, 388   08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts   1986

Printed in Spain

TV Policromática

Hemos puesto de manifiesto la absoluta semejanza que existe entre las ondas luminosas y las hertzianas o electromagnéticas. Cada una de ellas ocupa una elevada gama de frecuencias que, en lo que afecta a las electromagnéticas abarca desde las milimétricas hasta los diez mil metros y se





Receptor de TV en color de Thomson. En la parte inferior se representan, de forma esquemática, las posibilidades de estos nuevos televisores, adaptados a las más modernas tecnologías.

caracterizan por ser invisibles, mientras que las luminosas comprenden desde los 400 a los 700 nanometros (unidad de valor equivalente a una millonésima de milímetro) y, aun cuando estas dimensiones pueden parecer extremadamente reducidas, debe considerarse que tanto las radiaciones cósmicas como las de los rayos Roentgen o rayos X, incluidas en la clasificación de ondas electromagnéticas, tienen una longitud aún más reducida.

Si en la técnica de la televisión en blanco y negro la luz desempeña una destacada actuación, en lo que concierne a la televisión cromática su misión es preponderante, lo que determina la necesidad de que le dediquemos un breve estudio.



La televisión en color está presente en la mayor parte de los hogares. Difícilmente volveríamos a acostumbrarnos a ver las cosas en blanco y negro.

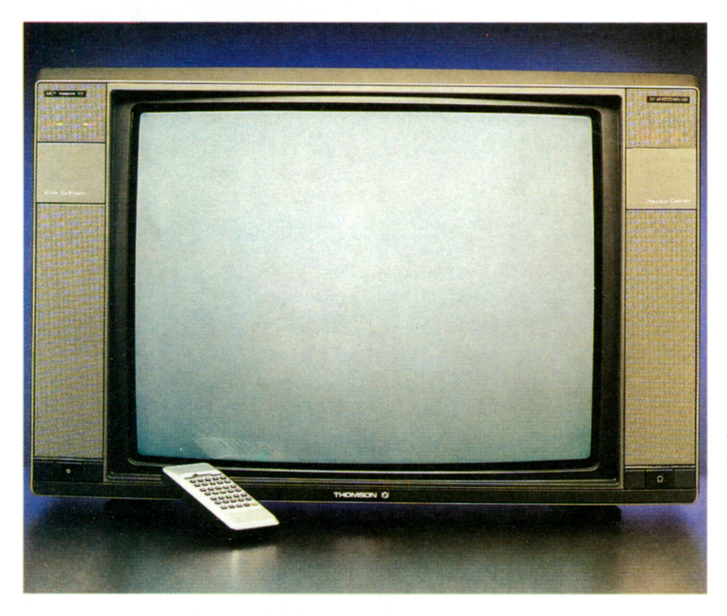
Las modernas concepciones de la Física consideran las ondas luminosas como un conjunto de radiaciones. Del mismo modo se admite que no sólo cada color, sino los distintos matices de cada uno de ellos, posee una longitud de onda bien definida, determinándose asimismo que la túnica retiniana, constituida en elevada cantidad por pequeñísimas neuronas denominadas bastoncillos y conos debido a su forma, reacciona al ser excitada por una onda de longitud determinada y característica para cada célula.

PARALELISMO ENTRE ONDAS LUMINOSAS Y ELECTROMAGNETICAS

Ambas clases de ondas se difunden por el espacio a idéntica velocidad: 301.254.000 m/s, valor que a efectos prácticos se ha establecido en 300 millones de metros por

segundo si las condiciones atmosféricas son favorables y se propagan en todas direcciones, pero sin separarse de la curvatura de la Tierra, lo que determina una notable uniformidad. Por su extremada rapidez pueden dar en un segundo siete veces la vuelta al globo terráqueo, cuyo meridiano se valora en 40.000 km.

Aun cuando la forma de propagación de ambas clases de ondas presenta ligeras diferencias es interesante destacar sus semejanzas, que permitirán una total comprensión de los procesos que experimentan las señales de luminancia en la técnica de la televisión en color, o policromática.



Televisor color «Full Square». Este modelo presenta un formato de pantalla prácticamente rectangular, que consigue aprovechar la práctica totalidad de las esquinas de la pantalla, al tiempo que mejora su estética. (Cortesía: Thomson).

CARACTERISTICAS DEL OJO HUMANO

La explicación de cómo el ojo humano capta las imágenes en movimiento, producidas por la técnica cinematográfica o la de video, no sería posible sin conocer la existencia del fenómeno de la persistencia retiniana. Asimismo para llegar a una plena comprensión de la televisión policromática es necesario realizar un breve estudio del ojo humano,

maravillosa cámara electrónica, cuyo fino revestimiento interior hace que actúe como una verdadera placa, permitiendo la obtención de toda la vastísima gama de colores, con la ventaja de que las imágenes captadas se desvanecen sin dejar la menor huella.

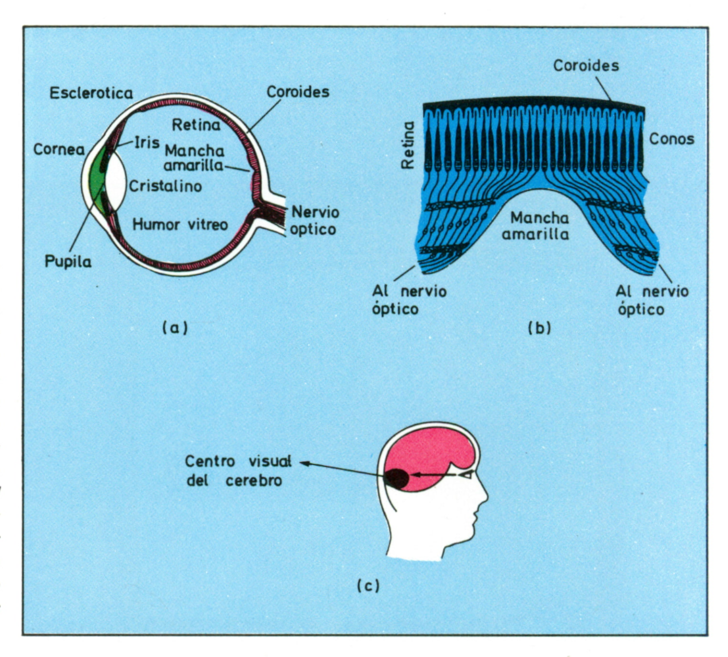


Figura 4. a) Corte longitudinal del globo ocular mostrando sus partes esenciales; b) Los conos y bastoncillos son neuronas relacionadas directamente con la retina, que reciben las sensaciones de luz y de color, y las transmiten al cerebro a través del nervio óptico; c) En la parte posterior del cerebro se ha localizado el punto al que llegan las sensaciones captadas por la retina.

La figura 4*a* pone de manifiesto la forma del globo ocular, lo cual permite seguir la comparación con una cámara fotográfica cuyas paredes externas están constituidas por una membrana dura, opaca y blanca, denominada esclerótica, la cual aparece interrumpida en su sector frontal por la inserción de una lámina transparente de forma encorvada que constituye la córnea, ésta puede compararse con un cristal y está enfrentada exactamente con el cristalino, que tiene la forma de una lente biconvexa.

El conjunto de estas dos partes del ojo constituye un perfecto sistema óptico y para que la semejanza sea todavía más acusada, el cristalino está trabado por un anillo de

pequeñísimos músculos de gran fortaleza que cuando se contraen originan su redondeamiento, mejorando así la visión cercana, en tanto que al relajarse disminuye su grosor central, lo que facilita la visión de lejos.

Muy cerca del cristalino está el iris, cuya función es exactamente análoga a la de un diafragma fotográfico, puesto que regula el flujo luminoso que, introduciéndose por la córnea, debe atravesar el cristalino para alcanzar el fondo del globo ocular.

Túnica retiniana

Deliberadamente prescindiremos de la descripción de diversas partes del ojo para referirnos, de manera concreta, a esta túnica que es una especie de tapiz, cuya función consiste en recubrir las dos terceras partes posteriores de este órgano, siendo su estructura de bastante complejidad ya que está formada por neuronas y constituye una prolongación del nervio óptico, el cual la relaciona con el cerebro.

Conos y bastoncillos

En ninguna otra parte del cuerpo humano, con la única excepción de la masa cerebral, existe tan elevada cantidad de elementos sensibles en un espacio tan limitado, dado que la retina está integrada por tres distintas capas de células o neuronas. La más interesante a nuestros efectos es la pigmentaria, constituida por dos clases de elementos celulares que, atendiendo a su forma, reciben el nombre de conos y bastoncillos y que son los que reciben y traducen las excitaciones de la luz.

Los cinco centímetros cuadrados que mide la retina contienen 137 millones de células receptoras, sensibles a las ondas luminosas, actuando los bastoncillos, cuyo número se cifra en 130 millones, para posibilitar la visión en blanco y negro, en tanto que los siete millones restantes hacen posible la recepción en color (figura 4*b*).

La capa inmediatamente inferior a la retina (coroides) se halla constituida por células bipolares que relacionan la superficie nerviosa externa con la tercera túnica, integrada por células multipolares o ganglionares, cuyas ramificaciones se unen al nervio óptico, el cual transmite al punto cerebral correspondiente a la visión las excitaciones nerviosas recibidas (figura 4*c*).

La actuación de estas células puede muy bien calificarse de «electrónica», puesto que la excitación ejercida por las ondas luminosas repercute en cada una de las células que se halle ajustada para reaccionar con arreglo a la frecuencia del impulso recibido.

Las neuronas en forma de cono son enteramente incoloras y de gran sensibilidad a la luz, existiendo en mayor cantidad en la fovea, depresión amarillenta del tamaño de una cabeza de alfiler, muy cercana al punto de inserción del nervio óptico.

Esta depresión, aparte de constituir el punto de convergencia para la visión cercana, cumplimenta el cometido esencial de reaccionar ante la existencia de color. Con arreglo a la teoría de Young, estos conos tienen una pigmentación que se blanquea momentáneamente y, bajo su influencia, el cerebro combina las excitaciones recibidas para llegar a percibir hasta las más inverosímiles tonalidades.

Daltonismo

Al existir una lesión o defecto fisiológico, patentizado por insensibilidad a un color determinado y como consecuencia de la falta de reacción de los conos a la frecuencia del mismo, se adolece de daltonismo, perturbación bastante corriente ya que una de cada ocho personas la padece. Cuando disminuye la intensidad luminosa se desvanece el color y los bastoncillos entran en acción.

Estas neuronas se hallan dispersas en la retina y, por reducida que sea la luz recibida, se origina una cadena de motivaciones. Incluso el reducidísimo destello de una luciérnaga hace que actúe la redopsina, que es el pigmento rojo violáceo característico de los bastoncillos, los cuales generan una pequeña cantidad de energía eléctrica, apenas de unas millonésimas de voltio, que no llegaría a cosquillear ni a un mosquito.

Todo es diminuto en el ojo. El nervio óptico es un eficaz conductor de la corriente para transmitir al cerebro las sensaciones a la velocidad de quinientos kilómetros por hora.

El cerebro interpreta las sensaciones que recibe y emite su fallo instintivo, identificando el origen de la excitación. Toda esta complicada actividad electroquímica se desarrolla en dos milésimas de segundo.

Teoría de Young

Entre los múltiples supuestos formulados acerca de la función de los conos, la teoría de Young, llamada también de los «tres componentes», establece la existencia de tres diferentes clases de estas neuronas, las cuales ante la excitación por la longitud de onda peculiar de cada color de la imagen observada, originan las alteraciones referidas.

A causa de ello, cuando la excitación recibida corresponde a la mezcla de los tres colores fundamentales (rojo-verde-azul) se llega a la sensación del blanco, en tanto que si predominan los impulsos motivados por un color determinado, éstos actúan sobre una neurona concreta, cuya longitud de onda coincide con la del tono captado.

Colorimetría

Se trata de una de las ramas más atrayentes de la Física, cuyo conocimiento es necesario al apasionado de la Electrónica y parte del principio de que cada color posee unas características determinadas que hemos expuesto en principio, pero, independientemente de ellas, la sensación percibida por el ojo depende de la luz que llegue a la imagen, lo que determina que constituya el resultado de la reflexión luminosa que se produzca.

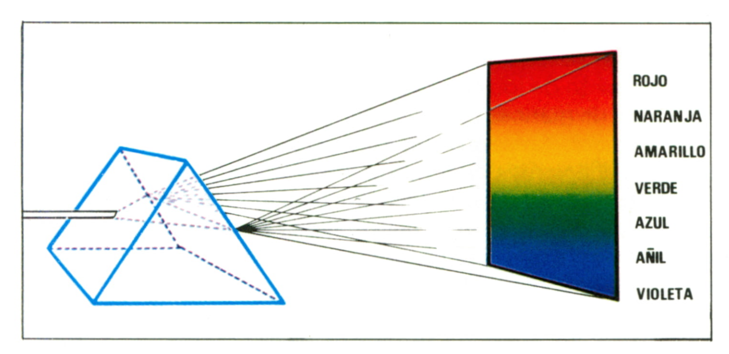


Figura 5. Al interponer un prisma en la trayectoria de un rayo de luz, se obtiene la descomposición del mismo en una gama de colores, que tradicionalmente se ha establecido que son únicamente siete.

Así, determinaremos fácilmente que un limón iluminado con una luz azul parecerá azul, pero si se le enfoca una luz roja lo veremos rojo y puede parecer casi negro si se le dirige un foco violáceo.

Análisis de la luz

Las ondas luminosas, como las hertzianas, consisten en un movimiento vibratorio, electromagnético, que está constituido por las oscilaciones simples de los siete colores espectrales, los cuales constituyen la luz blanca. En realidad al descomponer la luz se obtienen muchos más colores intermedios, a los que se ha dado en llamar espectrales.

En la figura 5 se ilustra el conocido experimento consistente en interponer un prisma a la trayectoria de un rayo de luz, lográndose su descomposición en varios colores visibles y varias excitaciones invisibles, que son las radiaciones ultravioleta y las infrarrojas.

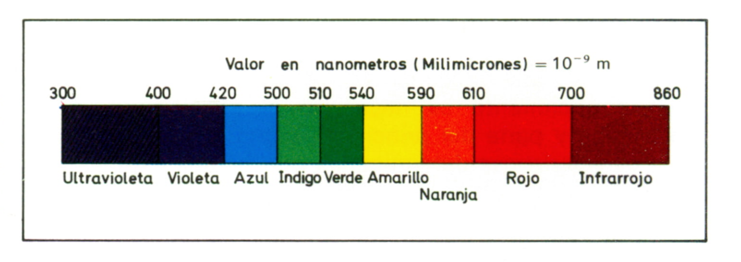


Figura 6. Gama de colores y longitud de onda correspondiente. Así, las diversas tonalidades de rojos, se hallan comprendidas entre 610 y 700 nanometros.

Por medio de los principios colorimétricos se llegan a conseguir los más inesperados resultados y se pone de manifiesto la posibilidad de que, a base de la adecuada combinación de los colores primarios, sea posible obtener la totalidad de matices existentes engañando, por decirlo así, al ojo humano, receptor electrónico de las excitaciones luminosas llegadas a su retina a través del televisor.

Los experimentos de Newton pusieron de manifiesto la posibilidad de reconstruir la luz blanca partiendo de la unión de los colores espectrales, por medio de un segundo prisma o una lente convergente.

Longitud de onda de las luces espectrales

Hemos dicho anteriormente que los valores correspondientes a cada longitud de onda de las vibraciones cromáticas son extremadamente reducidos. Se ha adoptado la micra, que corresponde a la milésima parte del milímetro o

sea una millonésima del metro, y la milimicra, que corresponde a la milésima parte de la micra. En la valoración estrictamente lumínica se emplea el Angstrom (Å) que es la diezmillonésima parte del milímetro. No obstante, la única unidad normalizada es el milimicron o nanometro, que equivale a la milmillonésima parte del metro.

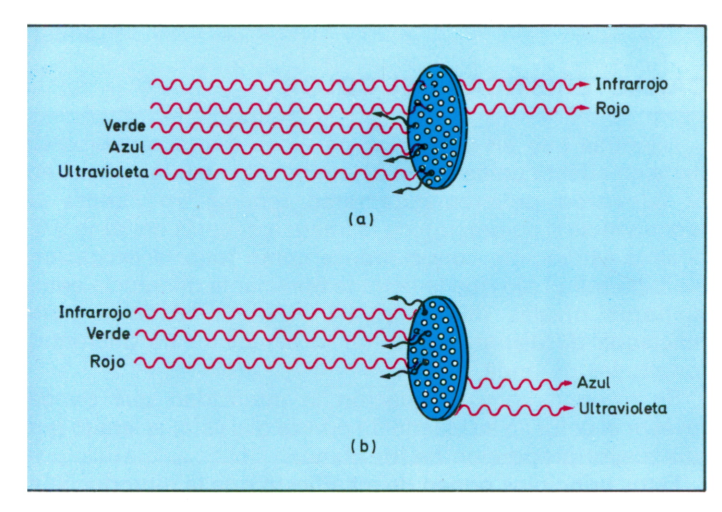


Figura 7. a) Acción de filtro ejercida por un sistema óptico que deja paso al color rojo y rechaza los demás; b) Por su parte, un cristal o filtro de color azul únicamente deja paso libre a este color.

La longitud de onda de las luces espectrales constituyentes de la luz blanca es la siguiente:

Radiaciones ultravioleta (invisibles)	300 a 380 nanometros
Violeta	400 a 420 nanometros
Azul	420 a 480 nanometros
Verde	480 a 540 nanometros
Amarillo	540 a 590 nanometros
Anarajando	590 a 610 nanometros
Rojo	610 a 780 nanometros
Radiaciones infrarrojas (invisibles)	780 a 860 nanometros

Tal vez por cierta propensión atávica se ha convenido en la división de la luz en siete colores, agregando el añil o índigo, que se sitúa entre el verde y el azul, al cual se asigna una longitud de onda que abarca entre 500 y 520 milimicras.

En ella se ha efectuado una separación concreta entre los colores, pero el paso de uno a otro color se realiza gradualmente, determinándose una estrecha dependencia de varios de ellos entre sí. El añil no es otra cosa que un azul verdoso y el anaranjado es un rojo amarillento; conviene apreciar que la zona más luminosa, es decir la de más elevada luminancia, es la comprendida entre unos 540 y 700 nanometros.

CARACTERISTICAS DEL COLOR

Mientras que en la técnica de video monocromático se tiene en cuenta únicamente la luminosidad o luminancia, en la televisión policromática debe tenerse en cuenta la crominancia o coloración de la imagen además del tono y la posible saturación, conociéndose como tono la excitación recibida por el ojo que le permite apreciar la diferencia entre distintos niveles de color, así el mencionado órgano reacciona de distinta forma en la captación de diferentes longitudes de onda.

Se designa como saturación la intensidad que puede revestir el color en su estado de pureza o al estar aclarado por una mayor proporción de luz blanca.

Estos principios ponen de manifiesto que la reproducción de colores se efectúa de modo más perfecto en la técnica televisiva que en cualquier procedimiento litográfico, debido a que con el procedimiento aditivo para la mezcla de colores se alcanza mayor riqueza de matices que con el procedimiento sustractivo.

Mezcla de los colores

La diferencia existente entre la longitud de onda de dos matices cercanos en la escala es, muchas veces, infinitamente pequeña, y en tal caso el ojo humano no se halla capacitado para su apreciación. Cada uno de estos distintos matices es designado como color espectral y no cabe la posibilidad de su obtención por medio de los procedimientos clásicos, es decir la pintura y la litografía, pudiendo lograrse únicamente por sistemas electrónicos.

Con absoluta independencia de estos matices, existe también una infinita variedad de colores intermedios que son

resultado de mezclas de los anteriores; éstos se caracterizan por no tener una longitud de onda determinada, sino por la reunión de varias, muchas veces en cantidad bastante elevada.

Al transmitir una imagen policromada se tiene en cuenta que el ojo no puede diferenciar dos colores que están cercanos entre sí y de longitud de onda parecida, dado que el foco visual de ambos se localiza en el mismo punto de la retina.

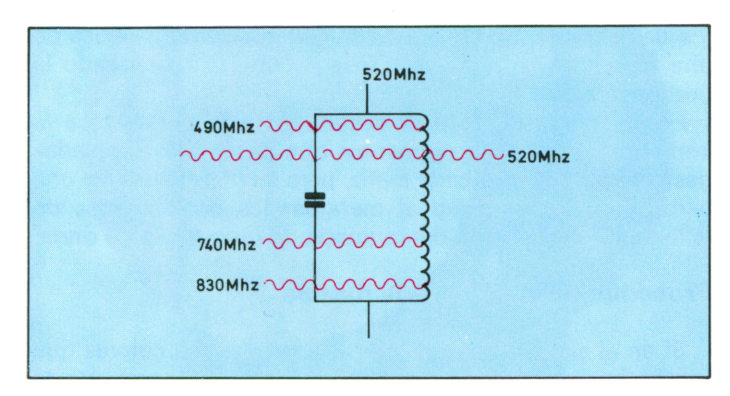


Figura 8. Acción electrónica de una trampa de ondas, que solamente permite el paso de una frecuencia a la que ha sido ajustada previamente.

Procedimiento sustractivo de mezcla

Hemos visto que la sensación de color y su percepción dependen de la existencia de la luz, ya que la imagen y el objeto observado no pondrán de manifiesto sus colores si no están iluminados.

Pero cualquiera que sea la imagen observada, ésta no refleja de manera uniforme la totalidad de longitudes de onda, absorbiendo alguna de ellas, de modo que la imagen se ve con los colores correspondientes a los que no han sido absorbidos.

Una manzana roja absorbe todos los colores y refleja tan sólo el rojo, viéndose este color en la parte que recibe la luz, con ello se hace efectivo el proceso de sustracción, fundamentado en la diferencia de longitud de onda de los diferentes colores.

La selección de matices en forma sustractiva puede

realizarse por medio de filtros como saben muy bien los fotógrafos. En la figura 7*a* puede observarse la actuación de un sistema óptico sensible al rojo que posibilita la transmisión de este color, juntamente con el infrarrojo, absorbiendo los demás colores; en la figura 7*b* se ilustra un filtro azul que transmite estrictamente las tonalidades azuladas, con más o menos intensidad en sus diversos matices, así como las radiaciones ultravioleta.

El sistema de selección de colores por medios ópticos es enteramente equiparable al que se realiza en Electrónica mediante bobinas, filtros de banda, impedancias y elementos de actuación análoga que permiten el paso a ondas de una longitud, frecuencia o valor determinado, vedando la introducción de las demás (figura 8).

En la mezcla de colores destinados a la pintura o a la imprenta, se emplean pigmentos que poseen las propiedades reflectantes para cada matiz, pero su mezcla motiva una pérdida de luminosidad al menguar las posibilidades de reflexión de una gama determinada de longitudes de onda.

Procedimiento aditivo de mezcla

Si en el sistema sustractivo cada uno de los colores que vamos agregando conduce a la eliminación de longitudes de

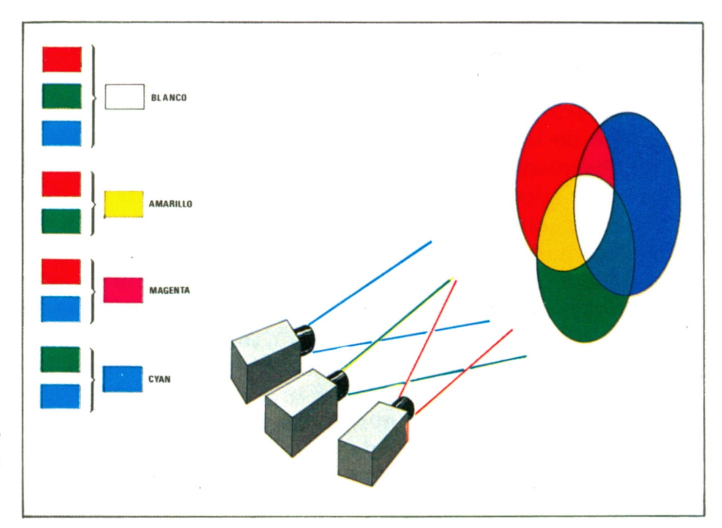


Figura 9. La mezcla de los tres colores fundamentales sobre una pantalla, da lugar al blanco como color principal y, además, amarillo, magenta y cyan.

onda determinadas o, por lo menos, a su atenuación, en el método aditivo se logra un resultado contrario.

Para su obtención se utiliza el sistema ilustrado en la figura 11*a*. Sobre una pantalla blanca se enfocan dos o más fuentes de luz, cada una de ellas de color distinto lo cual se

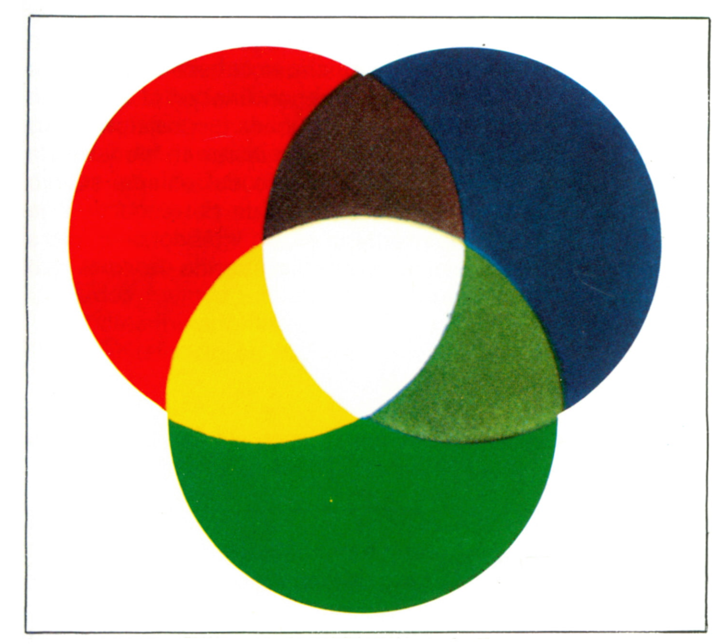


Figura 10. Detalle de la mezcla de los colores primarios: rojo, verde y azul. Se observan las mezclas de los colores dos a dos, y cómo los tres juntos dan el color blanco.

consigue mediante la interposición de lentes coloreadas. En este ejemplo, hemos adoptado tres cámaras correspondientes a los colores primarios, en ellas el cambio de los cristales de color hace posible la obtención de las más variadas tonalidades. Todos los sistemas actuales de televisión policromática utilizan la mezcla aditiva de tres colores.

Mezcla aditiva por yuxtaposición

Cuando un artista en vez de mezclar los colores en la paleta dispone directamente en el lienzo pequeñas manchas,

logra que al observar la figura a cierta distancia no sea posible diferenciar cada gotita de pintura, obteniendo la deseada sensación de realidad, en este caso la técnica es *impresionista*.

Examinando una reproducción impresa de fotografía en color por medio de una lupa de suficiente aumento, se aprecia la existencia de puntos muy cercanos de distintos colores. Esta impresión de puntos o de pequeñas rayas azules, verdes y rojas, cuyas respectivas luminancias son reguladas electrónicamente, constituye la base de los tubos catódicos que proporcionan la imagen final en la televisión en color. En la figura 11*b* se reproduce la disposición de los puntos fosforosos o luminóforos, dispuestos en tríadas en la pantalla de un televisor, como ejemplo del sistema aditivo por yuxtaposición, ya que la luz emitida por cada uno de estos puntos fosforosos se agrega a las demás conseguidas a partir de los otros puntos excitados, dando la tonalidad equivalente a la imagen original.

LEYES DE GRASSMANN

Estas leyes desarrolladas por el físico alemán Grassmann,

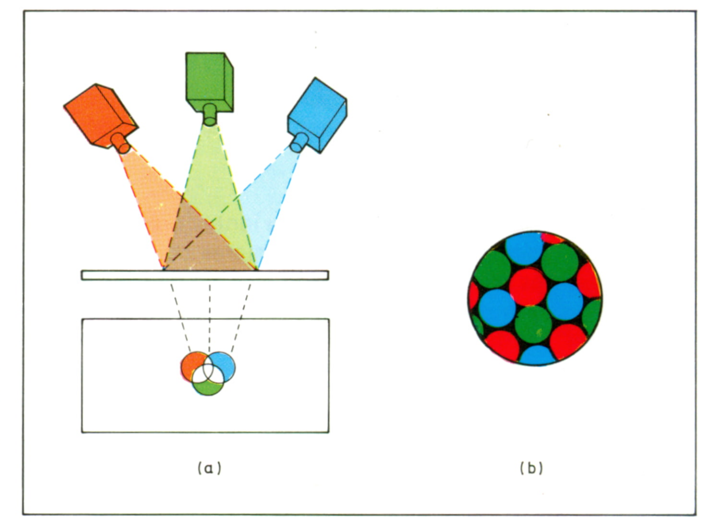


Figura 11. a) Al proyectar sobre una pantalla blanca los tres colores primarios, se llega a la obtención de la luz blanca; b) Puntos fosforosos o tríadas, dispuestos en la parte interior de la pantalla de un tubo tricromático.

a partir de las teorías de Maxwell, hacen posible la valoración de los colores con arreglo a sus características cromáticas y, por consiguiente, la obtención del color deseado para su reproducción.

Se determina que dos radiaciones son cromáticamente análogas si generan las mismas sensaciones de luminosidad, tono y saturación, aun cuando su composición espectral sea distinta. Una sensación de verde puede obtenerse con este color en su estado primario o por la superposición de dos o más colores distintos, siempre que se obtenga con la suma de sus longitudes de onda el total correspondiente al verde.

El primer postulado de estas leyes específica que dos radiaciones cromáticamente equivalentes a una tercera tienen igualdad cromática entre sí.

Cuando varias radiacíones actúan de manera simultánea, cabe la posibilidad de sustituir algunas de ellas por excitaciones cromáticamente equivalentes.

Si dos fuentes luminosas dan idéntica sensación de un color determinado, esta igualdad se mantiene al cambiar en idéntica relación su luminosidad, sin alterar el tono ni la saturación.

VALORACION DE LA CROMINANCIA

La aplicación de los postulados de Grassmann ha demostrado la posibilidad de conseguir cualquier sensación de color por medio de los focos coloreados procedentes de tres fuentes (S_1, S_2 y S_3), cada una de ellas proyectando uno de los colores primarios. Esta propiedad tricromática reviste capital importancia para determinar la proporción de cada color en la obtención de uno secundario.

La fuente S_1 entrega un foco de luz azulada, S_2 proporciona luz verde y S_3 suministra luz roja. Cada una de estas fuentes está provista de filtros absorbentes que designamos como M_1 y E_1 para el primer foco, M_2 y E_2 para el segundo y lógicamente M_3 y E_3 para el tercero, que actúan de manera específica para cada uno, filtrando una parte del espectro visible, pero en tanto que los designados con E sirven para una regulación preliminar, los señalados con M se han previsto para realizar las mediciones.

Para esta prueba práctica se cuenta también con una fuente de luz blanca, la cual lleva agregado un filtro que

equipara su foco con el espectro de la luz solar. Al proyectar en una pantalla la luz producida por esta fuente, se dispone de una referencia visual que permite la comparación con el foco que se obtendrá proyectando a su lado los otros tres y regulando el dispositivo *M* a fin de llegar a la determinación de la luminancia primaria que debe suministrar cada foco para disponer de un matiz adecuado, pudiéndose llegar a valoraciones numéricas muy exactas.

TRIANGULO CROMATICO

La enorme diversidad de colores hace extremadamente difícil su designación, sólo su longitud de onda puede constituir una forma de clasificarlos, tarea ardua al no existir posibilidad de recordar la correspondiente a cada color. Para resolver este inconveniente, la mezcla de colores fue normalizada por la CIE (Commision Internacionale de l'Eclairage) que propuso la adopción de un diagrama utilizado actualmente en todo el mundo. Dentro de la curva cromática de la CIE se ha inscrito el triángulo cromático de la NTSC que demuestra cómo los colores se hacen más saturados al alejarse del centro, que corresponde al blanco, correspondiendo los tres colores primarios adoptados en la televisión policromática a los vértices de este triángulo, enclavado en el diagrama de la CIE.

CARACTERISTICAS DE LA LUMINANCIA

Hemos determinado que cada color se caracteriza por un índice de luminosidad bien concreto, el cual influye decisivamente en su posibilidad de captación, siendo indudable que el azul, por ejemplo, es menos luminoso que el amarillo.

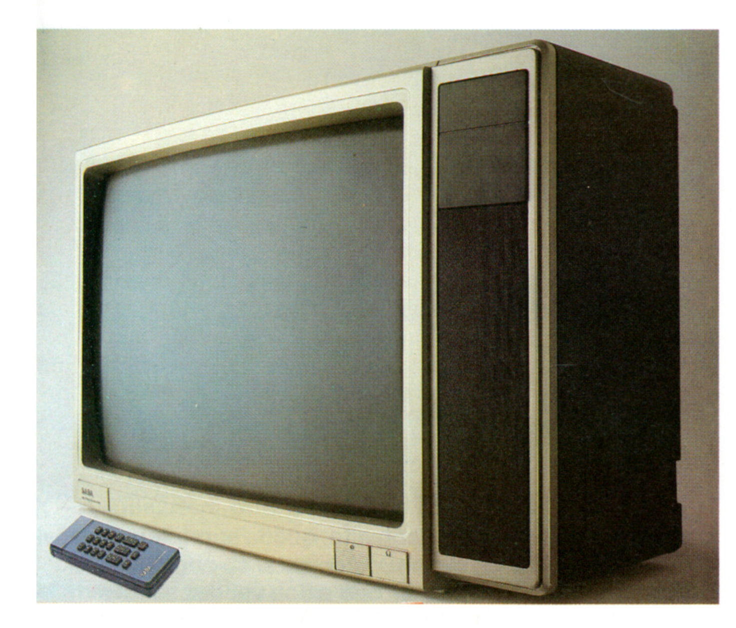
Esto nos lleva a concretar que, en la televisión policromática, la luminancia, denominación equivalente a brillo de la imagen, tiene mayor importancia que en la monocromática. Se trata de un factor que se simboliza por medio de la letra *Y*.

Cabe establecer un parangón entre las características de un sonido y las de color, lo que puede llevar a una mejor comprensión. El matiz de un color puede compararse al nivel de un sonido y depende de su frecuencia, en tanto que el

brillo, luminosidad o luminancia del color equivale a la intensidad de excitación.

CIRCUITOS DE CROMINANCIA

Puede tomarse como punto de partida el hecho de que la parte monocromática de la señal, es decir la que conocemos como luminancia (señal *Y*), recibe en la técnica policromática las informaciones de color, obtenidas en la transmisión, por medio de un proceso llamado de matrizado, el cual proporciona nuevas señales que reciben el nombre de señales *I* y *Q*.



Receptor de televisión color «Full Square» (que aumenta la superficie) y «Black Matrix» (que mejora el contraste). Se trata de un chasis digitalizado de consumo reducido, sintonía automática por síntesis de frecuencia, mando a distancia por infrarrojos, búsqueda automática de emisoras y memorización de programas. En la parte posterior tiene el «euroconector» para todas las aplicaciones auxiliares, incluido el videocassette. (Cortesía: Saba).

Tanto en lo que concierne al análisis de la imagen en la transmisión, como a la técnica seguida en su reconstrucción en el receptor, omitiremos en la medida de lo posible, el detalle de temas afines a la televisión monocromática y a la policromática, para poder dedicar especial mención a las partes específicas del televisor en color.

SEÑALES I y Q

Tanto en el sistema NTSC, fundamental de la televisión policromática, como en sus derivados SECAM y PAL, la transmisión de una imagen se realiza por dos canales: el de luminancia (señal *Y*) que modula la portadora de video, mientras que para la información de color se modula el canal de la subportadora que es el que suministra las modulaciones cromáticas, obtenidas a partir de los tres colores primarios, juntamente con la referida señal de luminancia.

Estas informaciones de color se concretan estrictamente en los colores rojo y azul, determinándose que para el rojo se utiliza en principio la designación $R-Y$, combinación que da origen a la señal que técnicamente se conoce como *I*, en tanto que para el azul se utiliza idéntica modalidad, es decir $A-Y$, dando motivo a la señal designada con la letra *Q*.

Cómo se consigue la señal I

Esta señal es obtenida por la combinación de cierta proporción de la información crominante que existe en la entrega por la cámara de las tonalidades rojas y azules, junto con la señal de luminancia; la primera etapa para su obtención estriba en eliminar toda la proporción de luminancia que exista en las señales de estos colores, de tal manera que quede únicamente la información estricta de crominancia, lo que puede compararse perfectamente a una actuación de la luminancia como portadora.

El proceso se realiza originando cierta inversión de la polaridad de la señal de luminancia, combinándola individualmente con los impulsos de rojo y de azul en el mezclador $A-Y$ por una parte y por otra con el otro mezclador $R-Y$ lográndose la inversión y, con ello, queda suprimida la señal *Y* de la subportadora de ambos colores.

Para disponer de la señal *I* con plena validez se invierte la polaridad de la componente $A-Y$, pasándola por el circuito inversor y a continuación, junto con la subportadora original $R-Y$, se combinan ambas señales en la proporción determinada por el divisor de tensión que relaciona inversor y mezclador con el circuito de retardo. El objetivo de invertir la polaridad de la señal $A-Y$ consiste en obtener el color complementario que es el amarillo; éste se patentiza en la pantalla al combinarse con la señal de luminancia.

Los componentes de la señal *I* (rojo) son, aproximadamente:

$$22\,\%\text{ de } A-Y$$
$$74\,\%\text{ de } R-Y$$

obteniéndose el indicado 22 % en los bornes de una resistencia suma, en tanto que el 74 % se halla disponible en los extremos de otra resistencia, realizándose la suma de ambos componentes en una resistencia común. Es preciso especificar que la exactitud en los valores de estas tres resistencias actuantes como divisoras de tensión, influye decisivamente en la obtención de las tensiones deseadas, habiéndose previsto un 4 % de tolerancia.



Televisor en color Philips, provisto de un tubo 30-AX in line de 110° y alto brillo. Dispone de mando a distancia, sintonía digital y está preparado para reproducir la señal de video y las nuevas innovaciones que se vayan presentando.

Disponiendo de la señal *I*, ésta pasa al circuito retardador a fin de que sea igualada con la señal *Q*, transfiriéndose a continuación al filtro que la restringe al ancho de banda que le corresponde.

Cómo se consigue la señal Q

Se logra por medio de la agregación de las señales de crominancia que corresponden al rojo y al azul, las cuales, al estar comprendidas en el rango que abarca desde el verde al

violeta no requieren su inversión para abarcar esta gama colorimétrica.

De igual manera que para la señal *I* se adopta un divisor de tensión constituido por tres resistencias, luego se pasa la señal *Q*, así obtenida, a un filtro pasobanda y seguidamente al amplificador correspondiente y siempre a semejanza que la señal *I* al circuito modulador.

Cómo se dispone del verde

En el desarrollo de los procesos experimentados por la señal de luminancia no se ha mencionado el verde, que sabemos forma parte de esta señal, siendo también necesaria su obtención para disponer de este color en los circuitos de croma, proceso que se realiza en el matrizado, que permite obtener la señal $V-Y$.

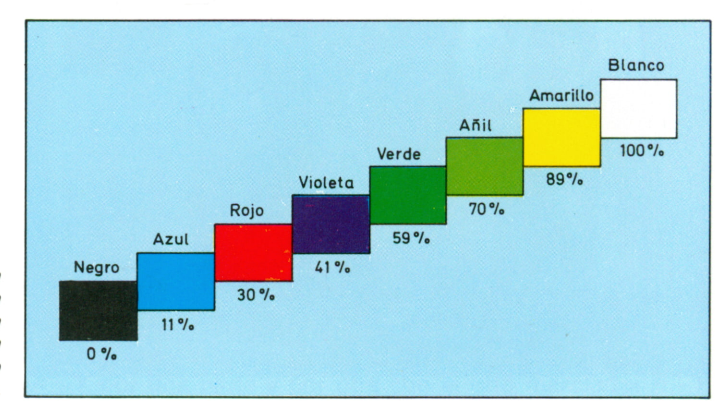


Figura 14. Escala cromática que determina el porcentaje de cada color representado para la formación de otro compuesto.

La inversión de la señal *Q* ($A-Y$) proporciona el color complementario del azul, que al ser el amarillo completa los matices verde-amarillo y si no se dispusiera de este color no sería posible obtener la luz blanca pura, propia de la señal de luminancia *Y*, por fallar el verde, uno de los colores primarios integrantes. Esto determina la existencia del verde en la señal de crominancia, aun cuando sea de manera indirecta, al integrar la señal *Y*.

Escala inicial de colores

Ya hemos hecho referencia a las posibilidades de valorar el porcentaje de los colores primarios en la formación de cualquier tonalidad secundaria, siendo oportuno establecer una escala inicial de la graduación de colores intermedios a partir del blanco, que tiene asignado el 100 % de luminosidad, hasta el negro, que carece totalmente de ella. En la figura 14 se concreta la proporción con que cada color contribuye a formar la señal de luminancia. Así vemos que el amarillo aporta un 89 % al estar constituido por los primarios rojo y verde que entregan, respectivamente, el 30 y el 59 %, en tanto que el violeta entrega el 41 % originado por el 30 % del rojo y el 11 % del azul.

En su momento ya hemos indicado que la señal de luminancia está constituida por:

$$Y = \text{Rojo } (30\,\%)\ \text{Verde } (59\,\%)\ \text{Azul } (11\,\%)$$

fórmula lo más aproximada posible a la constituyente del espectro solar. Esta combinación permite determinar que al extraer de la luminancia, por medio de filtros electrónicos, el porcentaje del color que no interese, se dispone de los restantes colores, los cuales sometidos a nuevos procesos dan como resultado el matiz que se desee.

COMPATIBILIDAD ENTRE TV ACROMATICA Y POLICROMATICA

Uno de los postulados a cumplimentar por cualquier sistema de televisión, se trate de NTSC, SECAM, PAL o de alguno de sus derivados, estriba en la necesidad de que las emisiones en colores puedan ser recibidas, con la supresión de los impulsos cromáticos, por los receptores previstos estrictamente para blanco y negro. De manera inversa, tampoco debe existir inconveniente alguno en que las emisiones acromáticas (blanco y negro), o sea, las desprovistas de color, tengan fiel reproducción en las pantallas de los televisores para color, que no pueden quedar invalidados en el caso de una transmisión de este tipo, principios que exigen una absoluta compatibilidad entre ambas modalidades.

La obtención de las condiciones necesarias para ello

requiere que las señales de crominancia y características de los sistemas de video policromáticos, queden incluidas en el canal de luminancia, lo que se consigue incorporando una subportadora a la señal de luminancia dentro de la banda asignada.

La definición del color debe incluir la información de los tres colores primarios además de la de luminancia *Y*, lo que determina que, para cumplimentar las condiciones de compatibilidad, la señal en un televisor policromático debe estar integrada por tres impulsos, dado que la señal de luminancia *Y* incluye ya una información, según hemos visto. En consecuencia se cumplimenta la condición de compatibilidad requerida.

Al reducir la banda pasante, la transmisión de las informaciones de crominancia no pueden situarse en el canal reservado al video acromático, lo que pone de manifiesto la necesidad de recurrir a una subportadora que se sitúa en el margen superior del espectro de la señal de luminancia, conforme se determina en la figura 15.

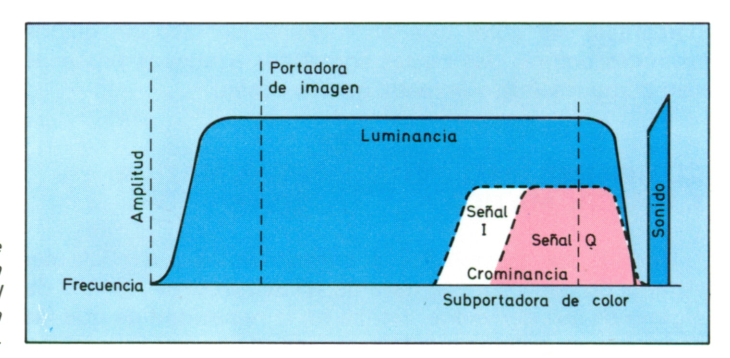


Figura 15. Las señales de crominancia I y Q van englobadas dentro del canal de luminancia, cerca de la portadora de sonido.

ANALISIS DE LA IMAGEN POLICROMATICA

El proceso de transmisión de las imágenes no mantiene notables diferencias, en sus aspectos generales, del seguido para la televisión acromática. Teóricamente se podría preconizar el empleo de tres cámaras, habilitadas cada una para la captación de un color primario, pero en la práctica tal posibilidad queda descartada por muchas razones.

La exploración de la escena a transmitir se realiza mediante una sola cámara, equipada con varios iconoscopios del tipo plumbicón o vidicón que analizan simultáneamente la misma imagen bajo diferentes colores, con arreglo a la disposición del objetivo. La selección de los primarios se realiza por medio de espejos dicroicos y prismas que enfocan hacia los tubos analizadores el componente luminoso de cada color, obteniendo impulsos eléctricos proporcionales.

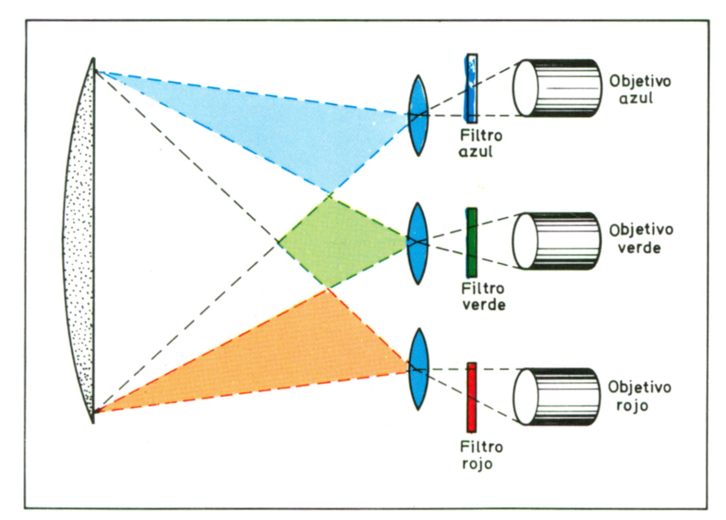


Figura 16. Actuación de los tres cañones de una cámara con dispositivos de filtraje, a base de filtros, que pueden ser cristales o espejos dicroicos.

La figura 16 ilustra la actuación de los tres cañones de una cámara provista de filtros que reúnen en la capa fosforosa del plumbicón la imagen parcial captada por cada uno de ellos. En la figura 17 se puede apreciar una cámara para televisión policromática como filmadora para la toma de exteriores y reportajes en color, que puede alimentarse indistintamente de la red, batería o acumulador.

RECEPCION DE LA IMAGEN DE COLOR

Son varios los sistemas existentes para la obtención de la imagen en color en la pantalla, todos ellos fundamentados en

la recomposición de los impulsos eléctricos correspondientes a los colores originales de la escena analizada.

De igual manera que en el proceso de análisis de la imagen para su posterior transmisión, cualquiera que sea el sistema adoptado para su recomposición, el aparato receptor policromático tiene varias de sus etapas casi enteramente idénticas a las de un televisor monocromático, lo que determina que hagamos breve referencia a ellas para poder adentrarnos con mayor profundidad en las específicas del aparato para color, de manera muy concreta en los previstos para los sistemas más corrientes (PAL, SECAM y NTSC); también nos detendremos en la descripción de los tubos receptores cuya pantalla fluorescente está constituida, en su parte interna, por una elevadísima cantidad de puntos de sustancias fluorescentes activables bajo la actuación de un color determinado.

Estos puntos están agrupados en triadas o deltas; los constituidos por fosfato de zinc y manganeso son activados por el rojo, los que actúan bajo la excitación del verde emplean silicato de zinc y manganeso y, finalmente, los que se excitan por la coloración azul están constituidos por sulfuro de zinc, silicato de magnesio o de calcio y titanio. Algunos tubos de imagen emplean líneas o tiras fosforosas verticales alternando los tres tipos de fósforos. Oportunamente dedicaremos amplio estudio a los tubos pantalla existentes y, de manera especial, a los utilizados en la actualidad para especificar que no existe cambio alguno en su constitución al emplearse en cualquiera de los sistemas en vigencia.

Sistema PAL

Haremos mención en primer término de las características de los televisores empleados en la recepción de las señales emitidas mediante este sistema, que es el más empleado en Europa. Se caracteriza por un valor de subportadora de color de 4,433 MHz, frecuencia adecuada para las normas europeas de 625 líneas y 25 cuadros que corresponden a una frecuencia horizontal de 15.625 líneas.

La ventaja principal de este sistema estriba en que se utiliza la información de color contenida en la línea precedente, lo que permite obtener matices fieles, exentos

de perturbaciones que podrían tener origen en el proceso de transmisión.

Esta modalidad corresponde a la denominación original: *Phase Alternation Line.* (PAL).



Figura 17. Cámara portátil para la toma de imágenes en los estudios de televisión o en exteriores. Destaca en ella, la posibilidad de obtener imágenes de gran calidad, con un peso reducido. (Cortesía: Sony).

Sintonizador

De características enteramente idénticas al empleado en la etapa de radio frecuencia de un televisor monocromático, la única diferencia funcional que presenta estriba en la necesidad de mantener un ajuste de mayor exactitud, a fin de que la deformación que pueda producirse en la curva de respuesta no sobrepase el 10 %.

Una alteración más elevada daría como resultado la pérdida total de los impulsos de sincronismo. Debe observarse que los sintonizadores empleados en receptores

monocromáticos admiten una tolerancia valorable en un 25 %.

Frecuencia intermedia

También es de análogas características, aunque precisa un ajuste más riguroso.

Para evitar posibles interferencias, susceptibles de perturbar la recepción, se requiere un filtro de banda sintonizado a 33,4 MHz.



Las cámaras portátiles de TV para la toma de exteriores, pueden ser como la de la figura, que emplea un tubo saticón, y lleva incorporado un micrófono direccional para recoger sonido directo, procedente de la dirección en la que se efectúa la grabación.

Las señales de video y audio se hallan disponibles a la salida de la última etapa de FI de video y la señal de imagen (38,9 MHz) presenta una diferencia de 5,5 MHz respecto a la de audio (33,4 MHz), estas señales se resuelven por separado en un detector-discriminador de impulsos.

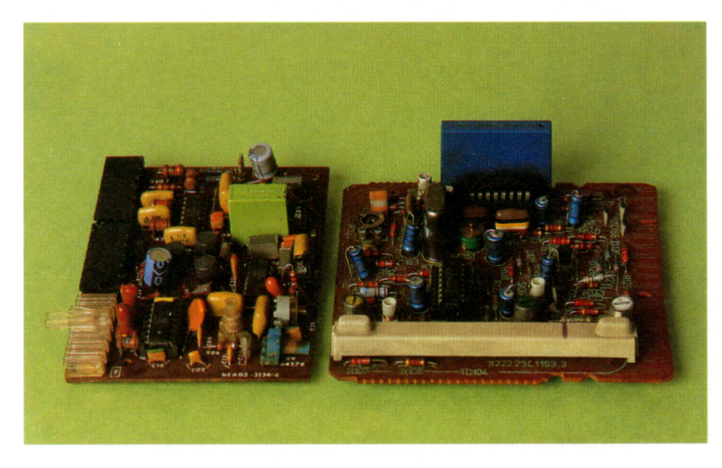
Restaurador de crominancia

En este sistema, la restauración se logra mediante el retardo de 63,8 microsegundos, tiempo correspondiente a la duración de una línea exploradora. Este retardo, efectuado por ultrasonido, se consigue por medio de un sistema piezoeléctrico que genera vibraciones a una frecuencia de 4,43 MHz, frecuencia correspondiente a la subportadora de crominancia.

Se trata de un cristal de titanato de bario que asegura la mayor estabilidad.

Amplificador de crominancia y CAG

Este circuito amplificador se compone de tres etapas de potencia, dos de ellas previas y una final. En la parte preamplificadora existe una línea de retardo de 0,8 microsegundos para motivar el necesario retraso de la línea de luminancia a fin de que llegue al matrizado en el mismo instante que las señales de crominancia, que se han retrasado con respecto a la señal Y.



Módulos para el tratamiento de la crominancia y luminancia en un televisor en color. El módulo de la izquierda, corresponde a un receptor Elbe, y el de la derecha a un Philips modelo K-12.

En el amplificador final de luminancia están dispuestos los controles de regulación y a la salida de la etapa se dispone de la señal Y amplificada hasta una tensión de 120 V, que se inyecta en el cátodo del tubo de imagen.

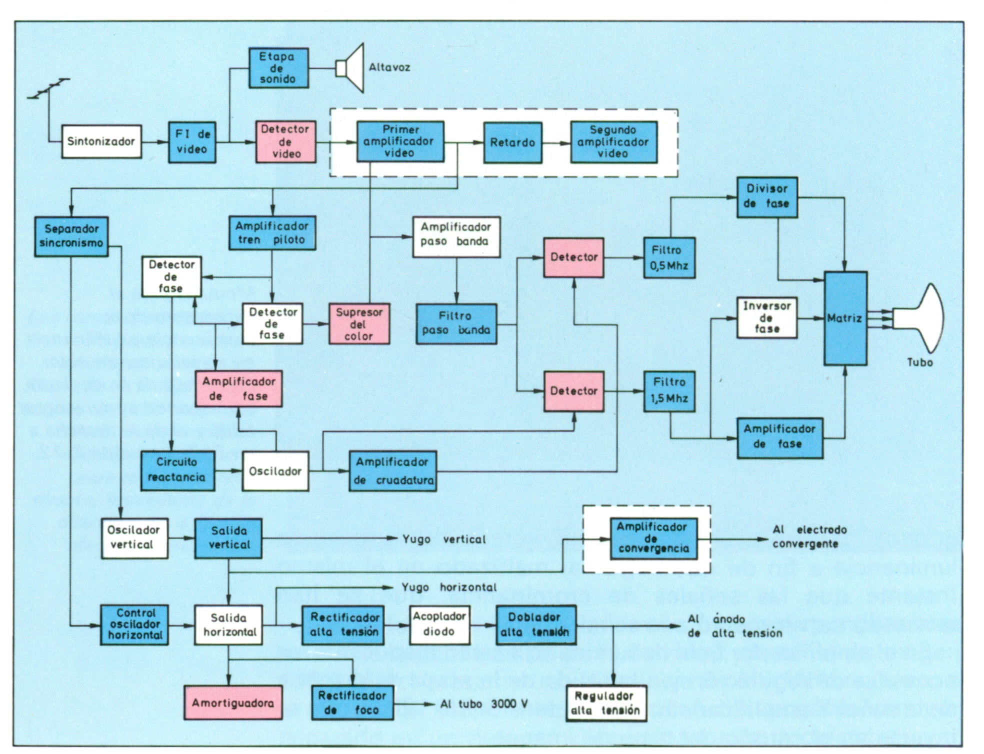
La señal de crominancia se extrae del primer elemento activo de amplificación previa (transistor o válvula) para su transferencia al amplificador de crominancia, tomándola del emisor o cátodo, en tanto que la señal combinada (crominancia, conmutación y sincronismo) se obtiene en el electrodo anódico, pasando al detector de tensión de referencia y recorte de amplitud.

Amplificador de crominancia

De la etapa amplificadora de la señal Y se obtiene la señal de crominancia, que se aplica a esta amplificadora de color para elevar su nivel de tensión a base de sucesivas magnificaciones.

Entre la primera y segunda etapa amplificadora de croma se intercala un regulador de amplitud que actúa sobre el nivel de la señal.

Figura 20. Diagrama de bloques de los circuitos correspondientes a los canales de audio y video para un receptor de televisión policromático.



También se regula el contraste manteniendo invariable la polaridad de ambas señales frente a las variaciones de contraste.

Cuando la señal es acromática, este amplificador de crominancia queda bloqueado, suprimiéndose todo vestigio de color al estar controlado por el oscilador de la señal subportadora de crominancia.



Televisor en color de Sharp, con pantalla de esquinas en ángulo recto, lo que permite aprovechar al máximo la superficie de la pantalla.

Supresor del color

Entre las etapas especiales del sistema PAL cabe mencionar la de supresión de color, necesaria para la recepción en blanco y negro; la supresión de color requiere el bloqueo de salida del amplificador de croma y actúa impidiendo la entrada de componentes monocromáticos que se sitúan en el margen de frecuencias de video de 3 hasta 4,5 MHz y podrían ser detectados por los demoduladores de color.

Puede apreciar su ubicación en el esquema general que detalla la totalidad de módulos de un televisor policromático (figura 20).

La llegada de señales monocromáticas motivaría interferencias con las de crominancia y para evitarlo el amplificador de crominancia veda el paso a estos impulsos y a los de croma en el caso de que sean débiles. Se trata simplemente de un detector al que se aplican las oscilaciones de la subportadora y que actúa en calidad de conmutador electrónico, característico de este sistema.

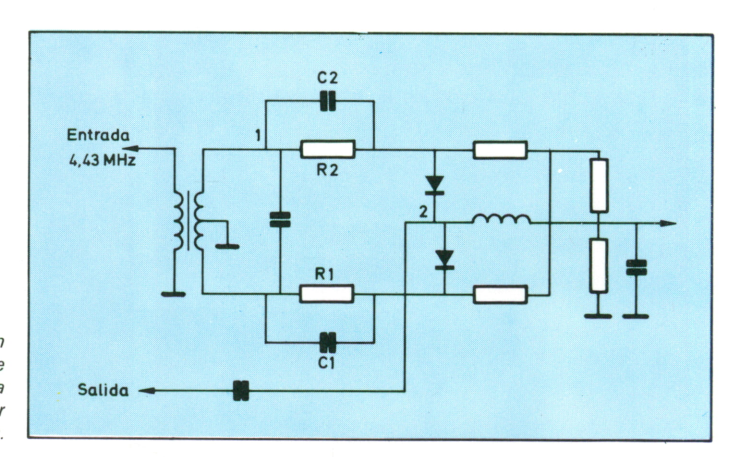


Figura 22. Detalle de un circuito demodulador de crominancia, en el que la detección tiene lugar mediante dos diodos.

Demoduladores de crominancia

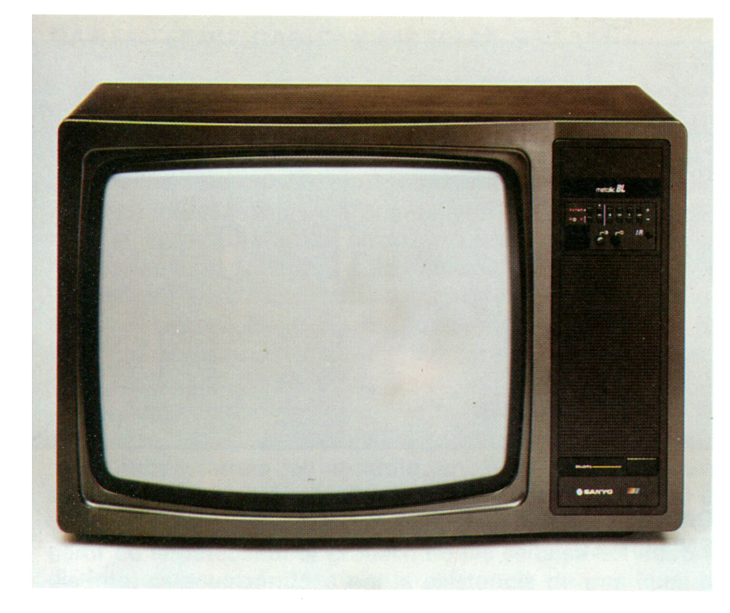
Realizan la detección merced a un transformador en contrafase, mediante este transformador se aplica una tensión de subportadora de referencia y dos diodos, acoplados por medio de células integradas por resistencia y condensador (figura 22). La señal de crominancia se aplica a la entrada del «shunt» formado por $C_2 - R_2$ y se patentiza en el punto de unión de los diodos, mientras que la señal de referencia de 4,43 MHz que se ha aplicado a la entrada, se localiza en los dos bornes del secundario o del transformador en inversión de fase y hace actuar a los diodos de forma periódica.

Cuando no existe cambio en la crominancia, se cargan los

condensadores debido al aumento de la señal de 4,43 MHz. Las constantes de tiempo de estas capacidades son adecuadas para que la tensión de carga correspondiente a un ciclo de subportadora se mantenga constante.

Oscilador de la subportadora

Es necesario demodular las señales *I* y *Q* en condiciones correctas de fase y sin distorsión. A tal fin, al demodulador de crominancia se inyecta, además de la señal de color, una oscilación de 4,43 MHz y, a fin de evitar perturbaciones en el sobreimpulso unido a la crominancia, se extrae la señal, complementándose la disposición con un amplificador de sintonía. El oscilador se controla por medio de un cristal de cuarzo.



Los televisores en color mejoran paulatinamente el aspecto externo del conjunto, al tiempo que los chasis se van perfeccionando para conseguir un máximo de prestaciones. (Cortesía: Sanyo).

En el circuito amplificador de subportadora se obtienen tensiones a la frecuencia de 4,43 MHz, mucho más elevadas que las requeridas para las señales a demodular, evitando de este modo la aparición de alteraciones en el color.

Restauración de la componente continua

En la televisión policromática es indispensable restituir la componente continua, que en los receptores monocromáticos no es necesaria, a fin de que el matiz, brillo y saturación se mantengan en la normalidad para disponer de una buena señal de color, ya que se producirían alternancias al faltar la componente continua.

Para la recuperación del valor medio de la componente continua se adopta un circuito de fijación, dispuesto a un valor de potencial fijo que corresponde a la tensión de control del tubo de imagen, operación realizada a base de diodos colocados en circuitos simétricos (figura 24). La conmutación obtenida por medio de impulsos de retrazado horizontal en contrafase permite lograr excelentes resultados.

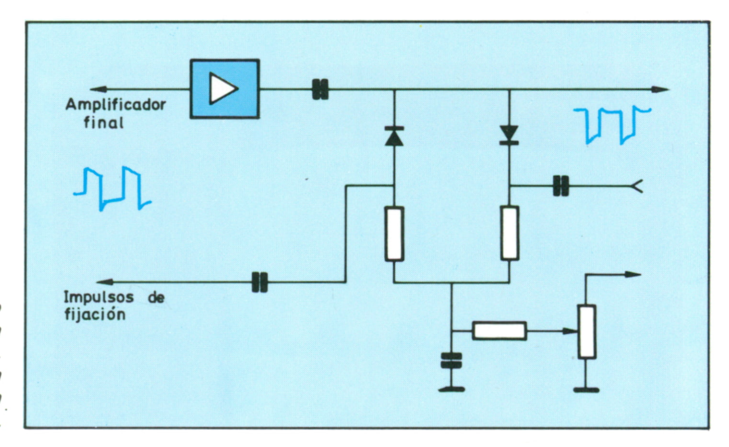


Figura 24. Circuito restaurador de la componente continua, que utiliza con este fin dos diodos colocados en oposición de fase.

CARACTERISTICAS DE LA CROMINANCIA EN EL PAL

Con referencia al brillo de la imagen obtenida en la pantalla del tubo, se consigue una apreciación totalmente subjetiva merced a la actuación de la luminancia *Y* y de las señales *I* y *Q*.

Las variaciones en el brillo pasan por el canal de luminancia, en tanto que la información de matiz y

saturación se logra por las señales de croma, lo que se consigue por medio del proceso denominado de codificación.

Considerando el valor de los coeficientes de los colores primarios, se aprecia que el correspondiente al azul (11 %) es reducido, siendo más elevados los que atañen al verde (59 %) y al rojo (30 %). Una vez que se dispone de las tres señales de croma se realiza su unificación y se incorporan los sincronismos.

Para evitar interferencias entre las señales de crominancia se modulan la amplitud y fase de la subportadora mediante la modulación en amplitud de dos subportadoras de idéntica frecuencia, pero dispuestas en contrafase de 90° para eliminar la subportadora pura y dejar las dos bandas laterales.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA SECAM

De manera un tanto breve para no alterar la planificación prevista, nos referimos a este sistema que ha sido objeto de constantes modificaciones. Su circuito original ha sido denominado *Secuencial con memoria* y entre sus derivaciones cabe mencionar la incorporación de una *línea de retardo.*

En la actualidad se ha alcanzado una corrección en su funcionamiento debido a la inversión de fase en la subportadora cada tres líneas en la exploración y campo, así como el empleo de la preacentuación o *preénfasis* de las frecuencias elevadas de modulación en la banda de video y en la de frecuencia de la subportadora, lográndose que no exista sensibilidad a las deformaciones de fase y de amplitud.

La subportadora se modula en frecuencia con una desviación de 700 kHz, lo cual no implica cambio alguno en las etapas de alta frecuencia y frecuencia intermedia, pero a partir de la detección el proceso de las señales de video es distinto, caracterizándose por la existencia de una línea de retardo (figura 25).

Se trata de conmutadores electrónicos representados simbólicamente como interruptores de dos posiciones. En la posición de línea sin interrumpir se recibe la información que se entrega simultáneamente a la línea de retardo y al demodulador $R-Y$, pero en la línea de retardo la señal

queda demorada en 64 μs, de tal manera que pueda agregarse a la siguiente línea.

En esta línea será la información que corresponde a la señal $A-Y$ la que experimentará el retardo, siendo la

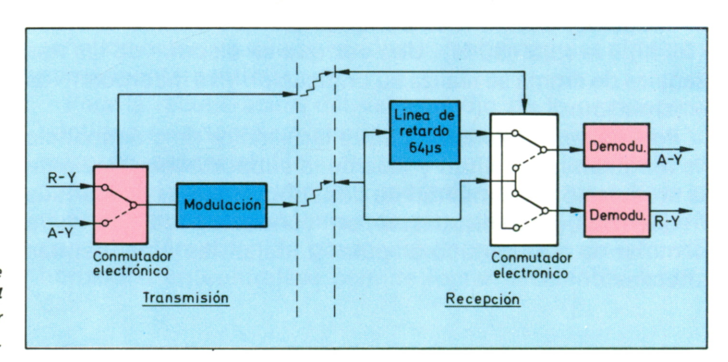


Figura 25. Disposición de la línea de retardo de 64 microsegundos, posterior al proceso detector.

anterior ($R-Y$) la que pase directamente al demodulador que le concierne. De esta manera se transmite menos información de color, ya que tan sólo se envía una señal por cada línea alternada, sin que ello afecte en manera alguna a la definición del color.

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA NTSC

Se trata del sistema más antiguo, puesto en práctica en los Estados Unidos y en varias naciones de América, derivándose de él la totalidad de los existentes. Por razones comerciales, las firmas que decidieron la unificación de sus investigaciones impusieron la banda de frecuencia análoga a la de las transmisiones en blanco y negro y, lógicamente, la compatibilidad directa e inversa con la televisión acromática.

En el sistema NTSC (*National Television System Committee*), al que ya hemos hecho referencia con anterioridad, el montaje de los receptores difiere de los monocromáticos tan sólo en el tratamiento dado a la señal de video para la obtención de las señales de crominancia que se entregan al tubo de imagen.

La figura 26 corresponde al esquema sinóptico de un receptor NTSC, exceptuando los circuitos que afectan al

tratamiento de la señal de video. Después de la amplificación de alta frecuencia, la correspondiente a la señal se reduce a un valor intermedio de unos 30 kHz aproximadamente, a fin de facilitar su amplificación posterior.

La señal que transmite el sonido queda separada gracias a la diferencia que existe entre la frecuencia de video y la de audio, demodulada y transferida al altavoz. Al ser tratado el sonido por el sistema de modulación de frecuencia, la información sonora se obtiene por un detector de relación.

Por otra parte, las señales portadoras de la información de luminancia y de crominancia, propias de la televisión en color, así como las de borrado y sincronismo, comunes a las dos modalidades, son amplificadas en frecuencia intermedia y detectadas posteriormente.

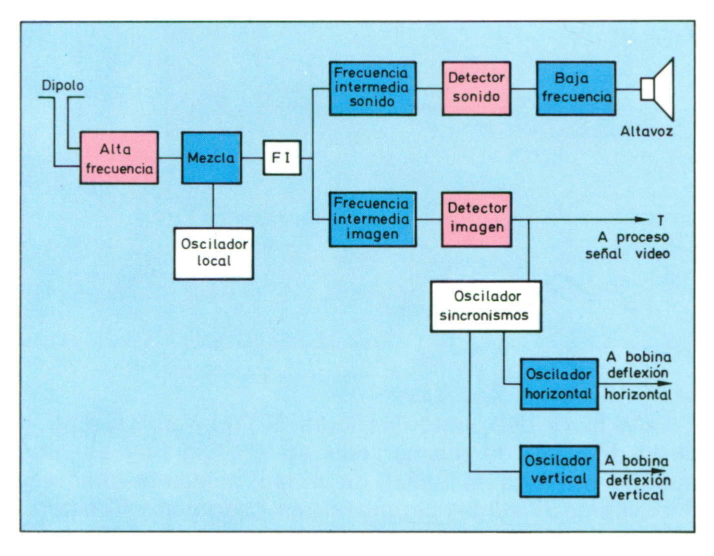


Figura 26. Etapas de un televisor realizado según la norma NTSC, que reflejan los primeros bloques antes del tratamiento exclusivo de la señal de video.

De la señal de video así obtenida, se apartan en primer lugar los impulsos de sincronismo horizontal y vertical dejando la portadora de luminancia y la de crominancia, debido a su diferencia de amplitud. Luego son separadas las señales de sincronización horizontal de las verticales por medio de una integración que aprovecha para

ello su diferencia de tiempo. El proceso incluye la sincronización de dos osciladores de relajación local que suministran las corrientes destinadas a asegurar el barrido de líneas y de tramas mediante la actuación de las bobinas deflectoras, a entera semejanza de su cometido en los televisores acromáticos.

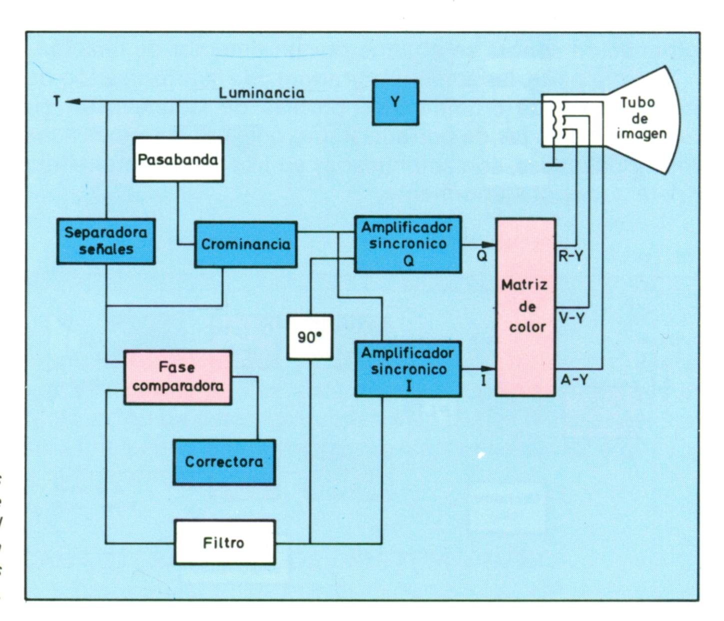


Figura 27. Circuitos relacionados directamente con el proceso de la señal de crominancia de un televisor, según normas NTSC.

Es a partir del punto T (figura 27) que enlaza con el designado con la misma letra en el diagrama anterior, cuando se trata la señal de video mediante procesos ligeramente diferentes según el sistema adoptado. Concretamente en el NTSC, los impulsos de sincronización de color son separados por un filtro ajustado a la frecuencia conveniente.

Dos amplificadores sincrónicos actuán en las señales *Q* e *I* a partir del conjunto de las señales de crominancia, ya separadas de la indicada señal de video por medio de un filtro pasabanda. El circuito matrizador, también designado como decodificador, recibe las tres señales (*Y*—*I*—*Q*) y lleva a cabo las operaciones necesarias de linealidad para dar las

tensiones proporcionales a las tres rejillas del tubo tricromático.

Con miras a que la recepción monocromática sea lo mejor posible, se eliminan los parásitos que podrían introducirse, por el canal de crominancia, se procede a polarizar el amplificador de croma, de tal manera que al quedar bloqueado no existan impulsos. Esta es la llamada señal *killer*.

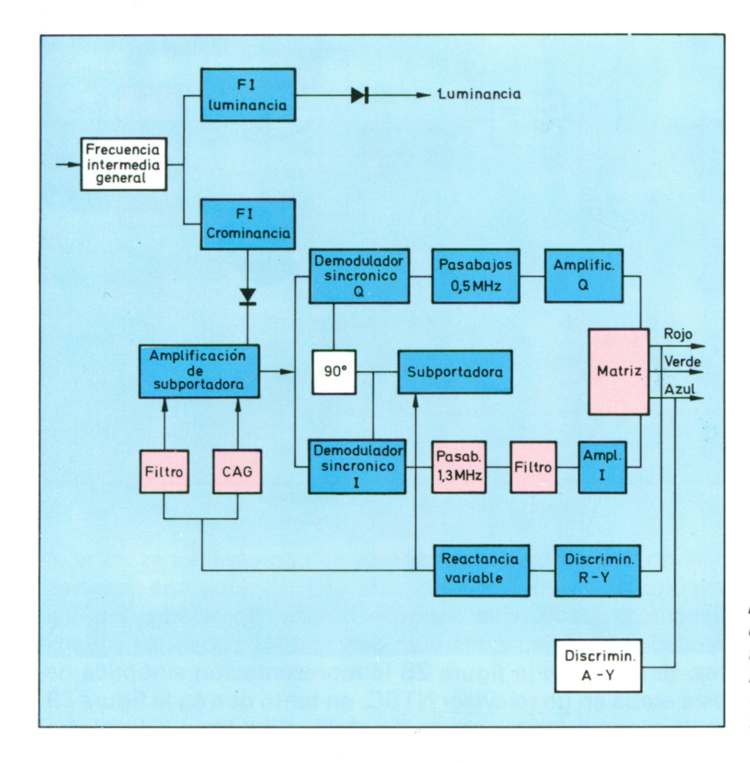


Figura 28. Etapa de crominancia de un televisor NTSC con inclusión del circuito detector y la sección de filtrado.

CIRCUITOS DE CROMINANCIA EN LOS TRES SISTEMAS

No hemos pretendido, ni mucho menos, realizar un estudio a fondo acerca de la televisión policromática, máxime habiendo dedicado la lección anterior a la descrip-

ción del análisis de la imagen a transmitir y a su recepción en un televisor acromático, pero abrigamos la esperanza de haber puesto al alcance de todos los principios fundamentales de la técnica de video.

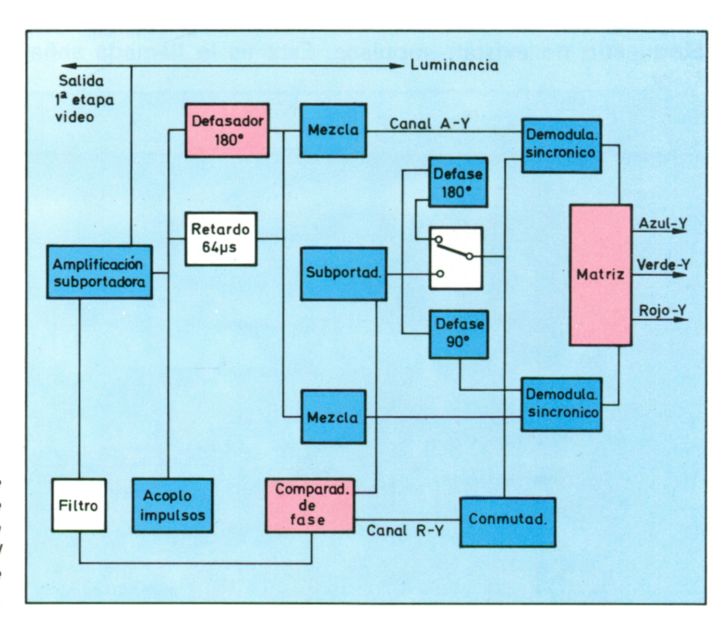


Figura 29. Diagrama de bloques representativo de la etapa de crominancia de un televisor en el sistema PAL, que incluye la línea de retardo.

A fin de que puedan establecerse comparaciones entre el circuito de crominancia de cada uno de estos tres sistemas descritos, dado que, según hemos apreciado en los precedentes, apenas resultan destacables pequeñas variantes, tenemos en la figura 28 la representación sinóptica de esta etapa en un televisor NTSC, en tanto que en la figura 29 se dispone del mismo circuito realizado a base del sistema PAL, con línea de retardo y finalmente en la figura 30 se ha reproducido la etapa crominante realizada por el método SECAM.

ELEMENTOS ACTIVOS DEL TELEVISOR

Teniendo en cuenta la finalidad eminentemente didáctica

de esta Enciclopedia de la Electrónica, se ha dado preferencia a la modalidad de representar sinópticamente las etapas de un televisor, generalmente sin especificar en el circuito si se utiliza como elemento activo una válvula termoiónica, un transistor y más modernamente un circuito integrado.

De tal manera, no existe disparidad de ninguna clase en la plena vigencia de los circuitos reseñados, aparte de que al estudiar los principios fundamentales de la televisión ya se efectuó el análisis de los diversos sistemas de alimentación y la analogía existente entre los electrodos de una válvula y los de un transistor.

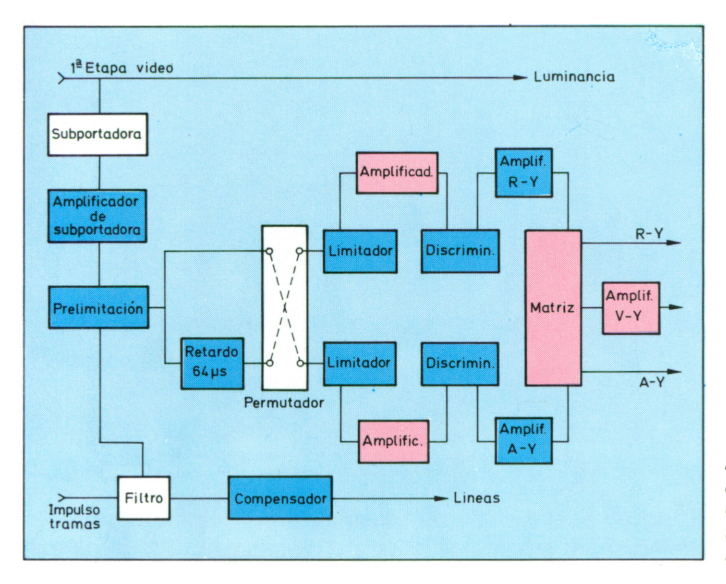


Figura 30. Representación en bloques de la etapa de crominancia de un televisor construido según la norma SECAM.

Aplicación directa de los semiconductores son los circuitos integrados, que en una sola unidad reunen varios transistores y las resistencias y condensadores que con ellos se relacionan; estos elementos van siendo empleados cada vez con mayor profusión.

Los circuitos integrados se emplean preferentemente en las etapas de amplificación de baja frecuencia, en la de frecuencia intermedia y en la de matrizado, y en menor escala en la de salida de línea (figura 31).

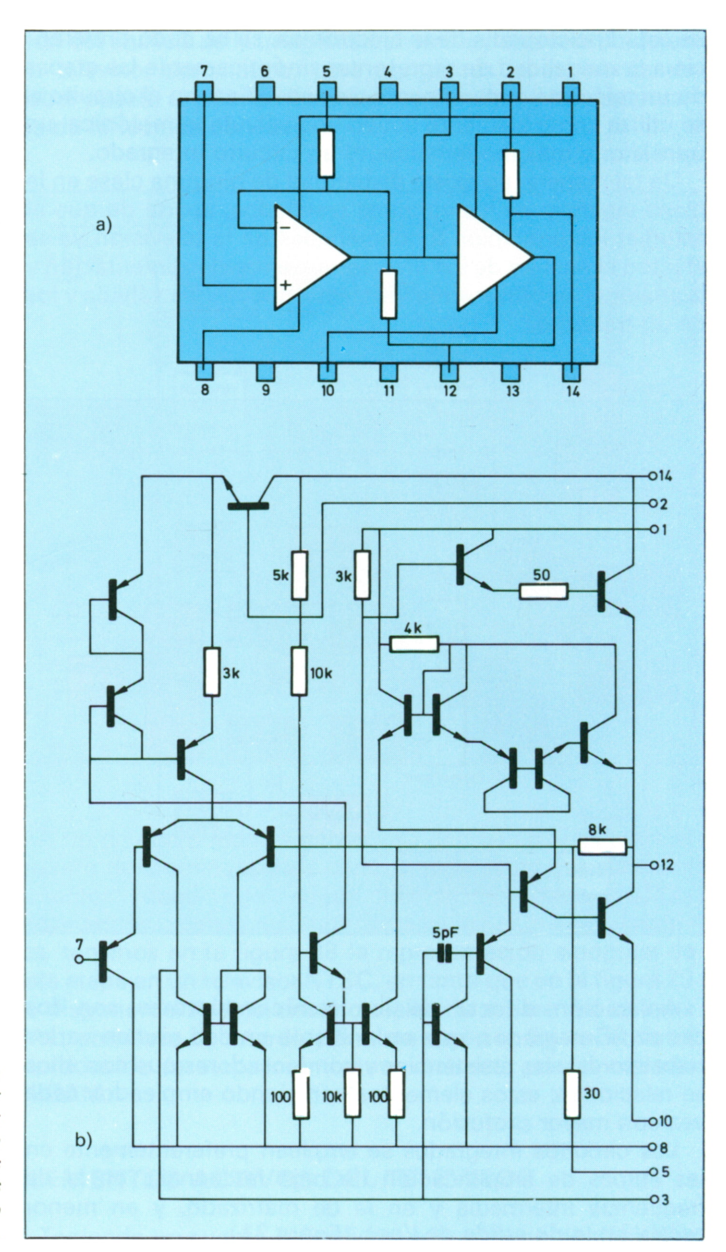
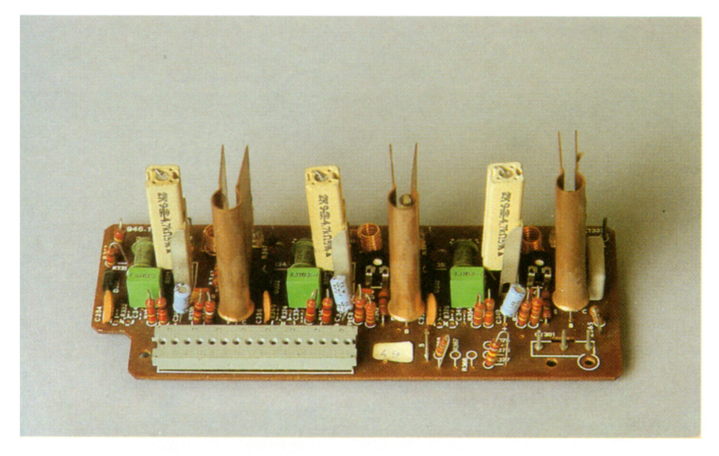


Figura 31. a) Circuito integrado formado por dos etapas amplificadoras; b) Configuración interna del mismo, mostrando los transistores y demás elementos pasivos que lo forman.

Este ejemplo resulta suficientemente aleccionador para poner de manifiesto las indudables ventajas de los CI, pudiendo afirmarse que se ha iniciado la era de su adopción en la técnica de video. En la actualidad ya se realiza con un solo circuito integrado la etapa de frecuencia intermedia de imagen, conjuntando los circuitos de preamplificación, demodulación, amplificación previa de video, CAG y control automático de frecuencia. Igualmente cabe contar entre otras con la unidad TDA2670 que cumplimenta las funciones de amplificación de FI de audio, demodulación y preamplificación.



Módulo RGB que amplifica las tres señales de video de un receptor de televisión de la firma Telefunken.

Para no alargar excesivamente este tema, que de por sí merecería una dedicación especial, solamente mencionaremos la existencia de circuitos integrados aptos en concepto de amplificador limitador (TBA750), de amplificador de salida de baja frecuencia (TDA251) y hasta de una unidad que comprende la totalidad de las funciones situadas entre la detección de video y la etapa de desviación horizontal, caracterizándose por una frecuencia de oscilación de la mayor estabilidad, protección contra cortocircuitos y acoplos en alta tensión, así como un funcionamiento prácticamente independiente de las variaciones de alimentación y temperatura (TDA2590); existen otros muchos tipos a elegir, realizados por las más prestigiosas marcas.

EL TUBO DE IMAGEN TRICROMATICO

En los televisores comerciales actuales, sea cual sea el sistema empleado, existe un elemento común a todos ellos, nos referimos al tubo de imagen o TRC.

En sus características electrónicas mantienen marcada semejanza con los empleados en la recepción monocromática, sin embargo su pantalla está revestida interiormente por sustancias fosforosas que emiten tres colores distintos (*rojo, azul* y *verde*) empleando además una máscara perforada que encamina el flujo electrónico hacia la pantalla pasando por sus orificios, la máscara en algunos modelos de tubos está sustituida por una retícula metálica de trama adecuadamente espaciada.

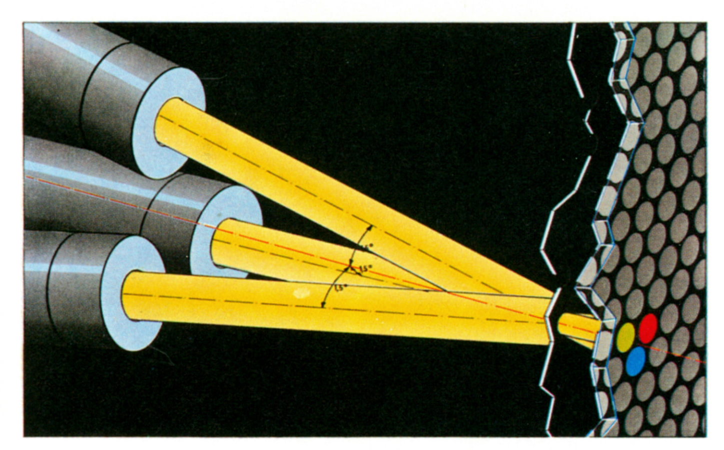


Figura 33. Representación de los tres haces de electrones que atraviesan la máscara metálica de un tubo, en dirección a los luminóforos.

En el cuello del tubo catódico existen tres cañones, cada uno de ellos calculado para determinado color primario y separados en forma radial. Cada uno de los haces de los tres cañones electrónicos es desviado, a fin de realizar la llamada exploración por un solo *yugo deflector* que conjunta las bobinas de alineación vertical y horizontal, consiguiéndose que los tres haces converjan en el punto adecuado de la máscara perforada, que está dispuesta algo más adelante, enfrentada a la pantalla.

Pero antes de llegar a este resultado se habían realizado

diversas pruebas más o menos afortunadas en cuya iniciación hallamos el cromascopio de Baird, consistente en un tubo de imagen ante el cual giraba un disco con los tres colores fundamentales sincronizado con la emisora. Poco después, la Columbia Broadcasting desarrolló un tubo que actuaba bajo los principios de «medios secuenciales de

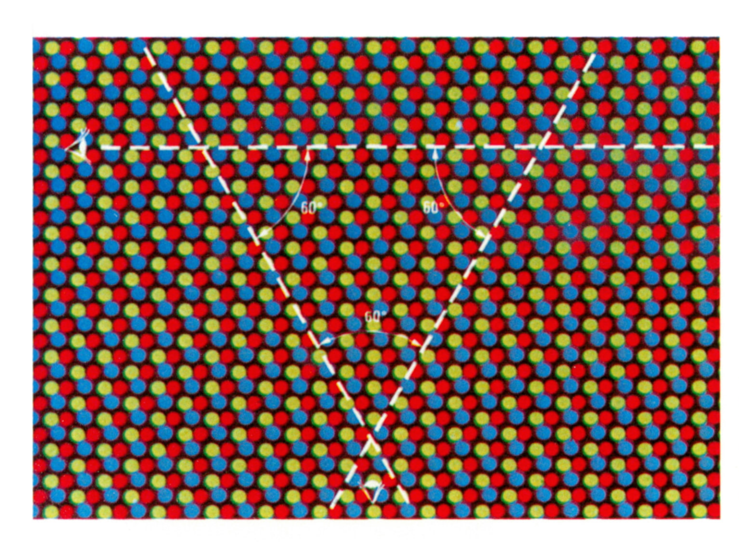


Figura 34. Microfotografía de un grupo de luminóforos en agrupaciones conocidas como «delta» o «tríada», permitiendo apreciar su separación.

trama». Muy semejante era el Colortron CBS, todos ellos descartados en la práctica y sustituidos por el kinescopio de puntos fosforosos y máscara de sombra.

El tubo a máscara perforada

En la actualidad es uno de los más explotados de manera comercial, su pantalla es rectangular, con un ángulo de desviación de 90 a 110° y su aspecto externo es enteramente análogo a los tubos de imagen empleados en la televisión monocromatica que hemos descrito. Su actuación se fundamenta en superponer tres imágenes, correspondientes a los consabidos colores primarios, sobre una misma pantalla, por medio de los haces de tres cañones electrónicos que la barren sucesivamente.

El tubo de imagen a máscara perforada emplea una pantalla luminiscente, formada por más de un millón de puntos (luminóforos) depositados sobre una lámina de cristal superpuesta a la pantalla por su parte interna. Su disposición es característica y puede observarse en la figura 33. Estos grupos luminiscentes reciben el nombre de tríadas o deltas y cada gotita está constituida por distinta sustancia adoptada por los laboratorios de los diversos fabricantes.

La distancia entre dos grupos de tres puntos, cada uno de ellos excitable a un color determinado, es de unas 850 millonésimas de milímetro y cada uno de estos puntos tiene un diámetro de unas 42 cienmilésimas de milímetro con una ligera separación entre sí. En la figura 34 se incluye una microfotografía de estas tríadas.

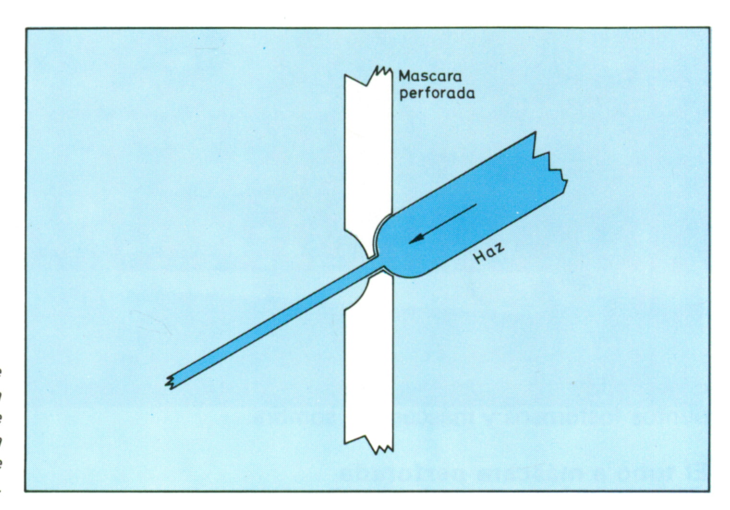


Figura 35. La entrada de un haz luminoso en la máscara, debe efectuarse de forma especial, para evitar la penetración de electrones secundarios.

En relación con los luminóforos se han dispuesto los orificios de la máscara perforada, previstos para que exista coincidencia en el centro de cada triángulo. A título informativo especificaremos que esta máscara se realiza con plancha metálica de 0,1 milímetro de grueso, adaptada a la forma de la pantalla y con unos 400.000 orificios, realizados en forma especial a fin de evitar que la emisión secundaria de

electrones llegue a incidir sobre las gotas luminiscentes (figura 35).

Los tres cañones, paralelos entre sí y con el cuello del tubo en el que están instalados a 120º cada uno con respecto a los demás, completan el conjunto, previsto de tal forma que

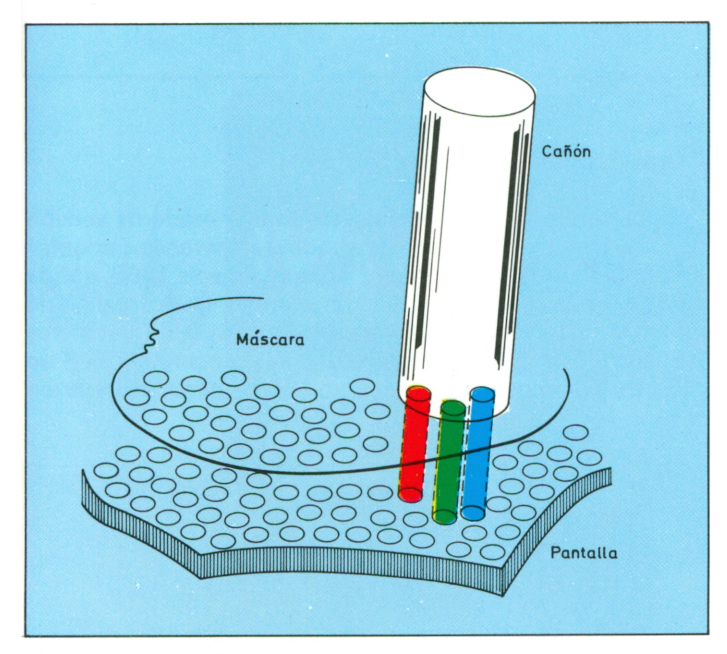


Figura 36. Los tres haces, correspondientes cada uno a un color, llegan al luminóforo que concierta con cada uno de ellos.

los electrones, emanados de cualquiera de los tres cañones, no alcanzan en cada tríada más que los puntos de color que les corresponde y la máscara perforada actúa recubriendo los otros dos (figura 36).

Los ejes de los tres haces electrónicos que parten de los cañones del tubo del tubo de imagen están orientados de tal suerte que generan un cono cuyo extremo se localiza en la parte central de la máscara, y con ello los puntos rojos coinciden a través de los orificios únicamente con el cañón rojo, los puntos azules con el cañón azul y, finalmente, los puntos verdes con el cañón verde (figura 37).

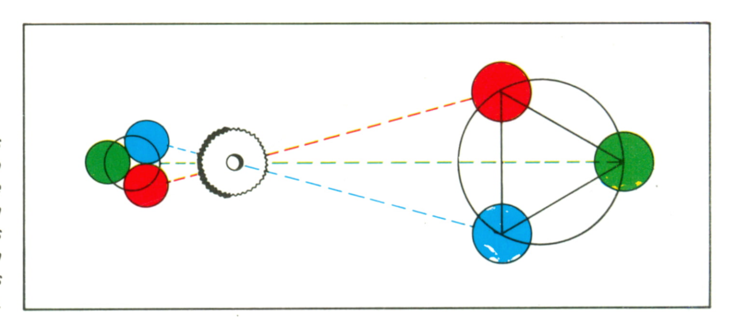


Figura 37. Los tres haces pasan por el mismo orificio de la máscara e inciden, formando un triángulo, sobre los luminóforos dispuestos en triadas en los primeros tubos de televisión.

Cromatrones modernos

Estos tubos de imagen constituyen una moderna versión de los principios peculiares del modelo «Lawrence», adoptado por la Radio Corporation of Amerique hacia 1958, que se caracterizaba por disponer de bandas horizontales de materias fosforescentes correspondientes a los tres colores primarios. Esta disposición se denomina rectangular y en un tubo de 22 pulgadas de diámetro (56 centímetros) existen

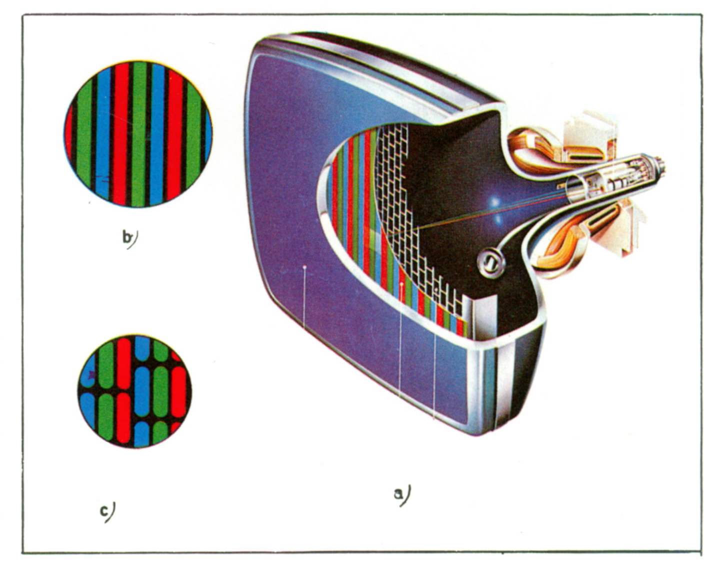


Figura 38. a) Vista interna de un tubo de rayos catódicos tricromáticos fabricado por la firma Toshiba; b) Detalle de las bandas de luminóforos; c) Disposición de los luminóforos en un tubo de rayos catódicos del tipo autoconvergente.

450 bandas de luminóforos a luminiscencia verde, 225 para el azul y otras tantas para el rojo.

Se ha incluido una rejilla que asegura la selección de los cañones, con la particularidad de que está constituida por dos mallas metálicas entre las cuales se ha establecido una diferencia de potencial que abarca desde 0 hasta 500 V



Los monitores para visualizar imágenes procedentes de un video suelen ser de tamaño más pequeño que los televisores normales, ya que forman parte de una cadena; sin embargo pueden estar preparados para trabajar como televisores normales y realizar las funciones propias de los mismos. (Cortesía: JVC).

(bien sean positivos o negativos), siempre inferior al existente en la pantalla, que llega hasta 25.000 V y corresponde a la etapa de muy alta tensión entregada por el transformador de MAT; en algunos casos se designa con el nombre de tensión ultra elevada.

En la figura 38 se reproduce el interior de un tubo de este tipo, fabricado por Toshiba bajo la marca Blascstripe, se caracteriza por su pantalla negra, que tiene una luminosidad superior en un 18 % a otros similares, siendo perceptibles la

rejilla, los luminóforos y las tiras fosforosas. Su cuello está rodeado por el correspondiente yugo de bobinas deflectoras e imanes concentradores.

Cabe mencionar la realización de un tubo de imagen, denominado *autoconvergente*, en el que se han sustituido los tres puntos o las tiras luminiscentes por otras tantas pequeñas líneas de muy reducidas dimensiones, a fin de que

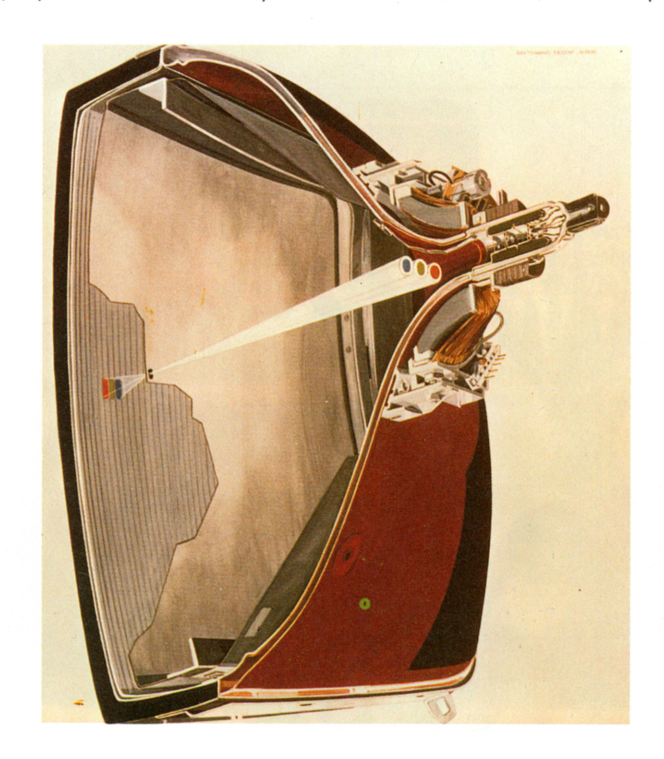


Figura 40. Interior de un tubo de imagen realizado según la base del sistema Trinitrón. Los tres tubos contenidos en el cañón electrónico no están dispuestos triangularmente sino en bandas verticales. (Cortesía: Sony).

el ojo no pueda discernir su dimensión, mezclándose en la retina, por la actuación de los conos y bastoncillos, las excitaciones motivadas por cada uno de los colores primarios, con arreglo a su luminancia y a la proporción de crominancia de la imagen (figura 40).

Trinitrón

Se trata de un tubo de imagen, creado por la firma Sony,

que se fundamenta en principios semejantes al anterior aunque sus tres haces electrónicos son generados por tres cátodos dispuestos en línea, en vez de estarlo en disposición triangular. Con ello se consigue una actuación más rigurosa

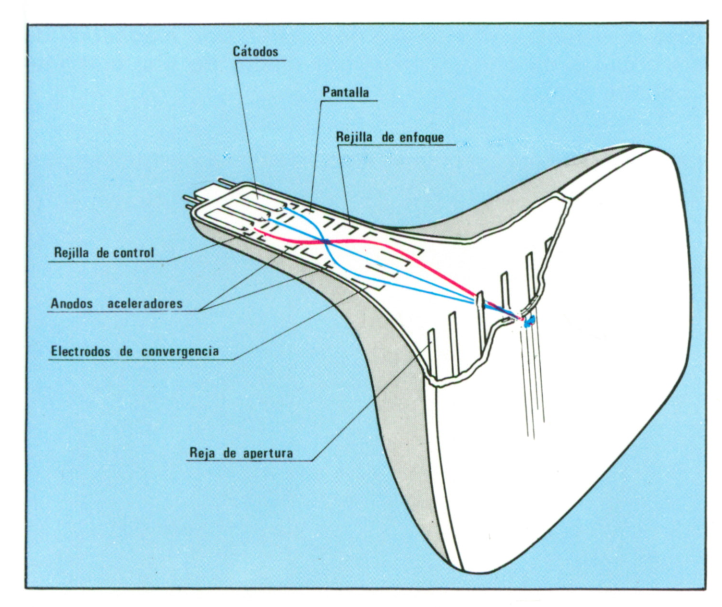


Figura 41. Detalle de la trayectoria seguida por los haces catódicos en un tubo trinitrón. La reja de abertura determina finalmente el lugar del impacto de los haces sobre la pantalla.

de las bobinas deflectoras, que deben ser de características adecuadas para este tubo de imagen a fin de asegurar la deflexión de los haces correspondientes al rojo y al azul que se cruzan para separarse en cierto ángulo, en tanto que el verde sigue en dirección recta hasta la pantalla (figura 41).

DESVIACION DEL HAZ

Aun cuando en sus principios fundamentales la desviación de los haces electrónicos se realice de idéntica forma que en el caso de un televisor monocromático, es decir, a base de un yugo deflector al que ya hemos hecho referencia, para dirigirlos hacia el luminóforo adecuado se requiere el

empleo de unidades más elaboradas, de manera que el enfoque de los tres cañones pueda conseguirse con la mayor exactitud.

Existen varias modalidades especialmente estudiadas para lograr la convergencia de los haces: la *estática*, que ofrece diversas posibilidades y la *dinámica*; destaca en el primer caso el sistema denominado de *polarización magnética* de las bobinas de convergencia por medio de una corriente continua regulable.



Monitor Trinitrón dotado de grandes prestaciones, que lo hacen útil para trabajar con videos, señales de cámaras o reproductores típicos para la señal de televisión en color. (Cortesía: Sony).

Para la realización de la convergencia dinámica deben utilizarse bobinados que estén recorridos por una corriente variable. Si a esta corriente se superpone una de tipo continuo estabilizada, la actuación será análoga a la que se obtendría con imanes y bobinas. El campo magnético producido por la corriente continua podrá regularse, de



Televisor color K-40 de Philips. Tiene sintonía electrónica automática, 20 presintonías, mando a distancia y «euroconector».

manera que sea adecuado a la intensidad suministrada, si bien debe destacarse la necesidad de disponer de una fuente de energía muy estable.

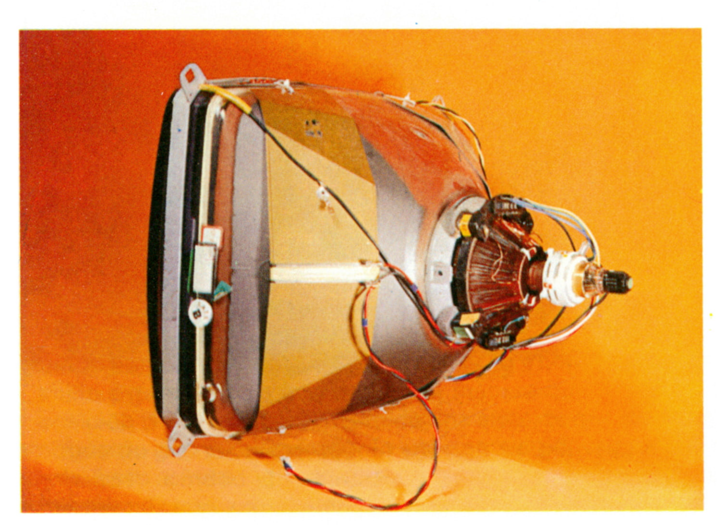
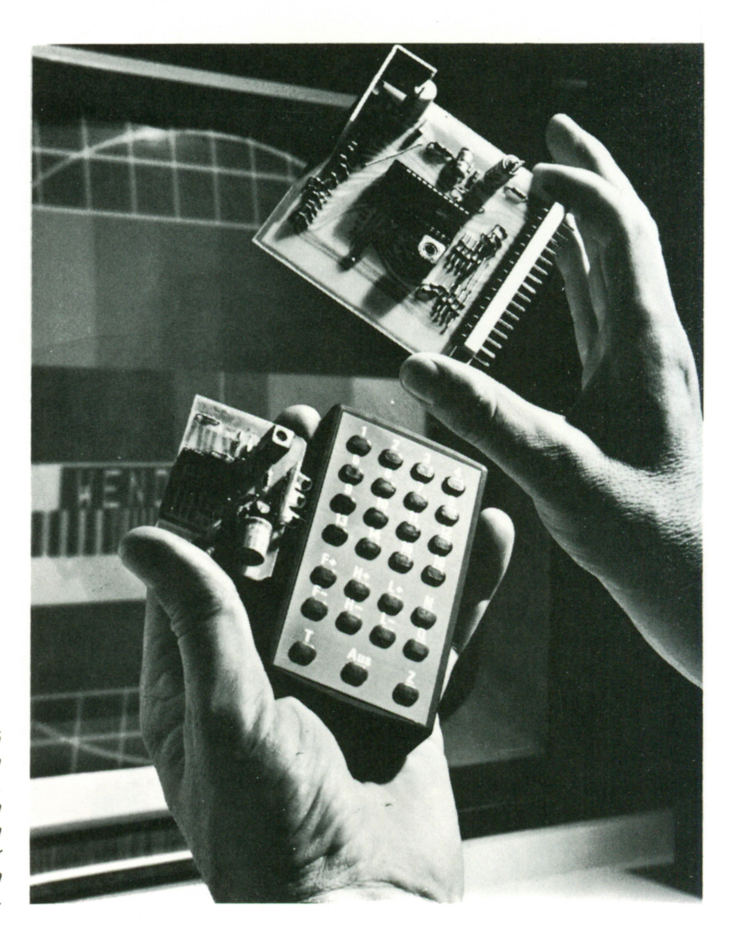


Figura 44. Yugo deflector con sus bobinados de desviación horizontal y vertical, en forma de silla de montar.

Para conseguir la convergencia dinámica, apreciable de manera concreta hacia los bordes de la pantalla, es necesario superponer al campo producido por la convergencia estática un campo variable y de orientación adecuada, lo que teóricamente puede conseguirse por medio del desplazamiento de los imanes y el ajuste de posición del yugo.



El mando a distancia está presente en un buen porcentaje de televisores. Su configuración modular, hace que la incorporación al televisor se efectúe de forma inmediata.

En la figura 44 aparece la representación de un yugo de convergencia dinámica constituido por bobinas desviadoras complementadas por un núcleo de ferrita, que se caracteriza

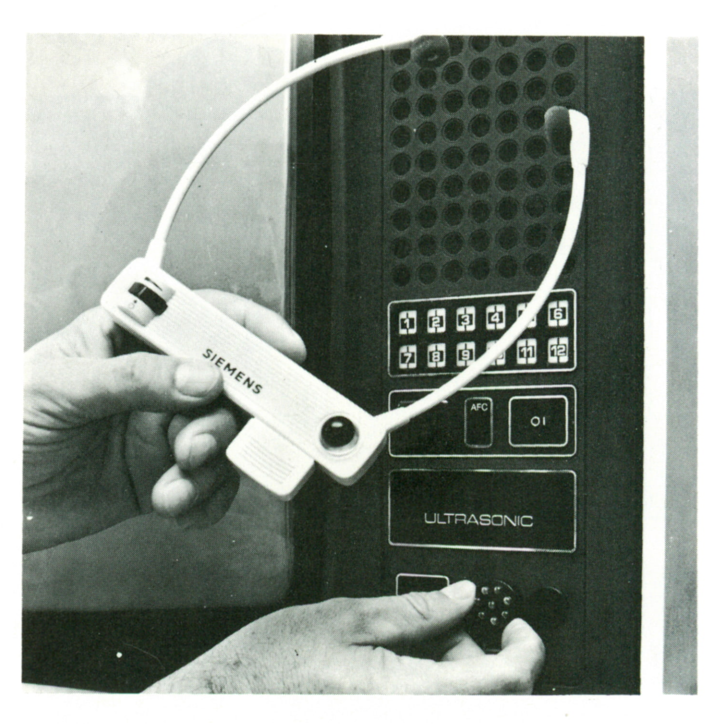
por sus reducidas dimensiones, apropiadas a los tubos actuales, de cuello delgado. Este yugo trabaja en conjunción con la llamada *unidad multipolar* constituida por cuatro imanes de forma especial.



Cuando los monitores no llevan incorporada la función sintonizador, es preciso emplear un módulo que la efectúe; esto es lo que sucede con este modelo de Sony, dispuesto entre el monitor y el video.

Una de las principales ventajas de esta unidad consiste en su eficacia para el ajuste, incluso en el caso de su empleo en tubos autoconvergentes. Cada imán está integrado por un anillo externo y otro interno, de tal manera que al variar la posición del externo por medio de una aleta de que dispone, el interno gira el mismo ángulo pero en sentido opuesto, lo que hace posible disponer de un campo magnético de intensidad máxima, llegar a su total anulación y lograr

nuevamente la máxima intensidad, pero de polaridad opuesta. Con ello, los haces se moverán en uno u otro sentido con arreglo a la posición de la aleta, que también sirve de guía.



La transmisión del sonido por infrarrojos es cada vez más frecuente en los televisores de la gama alta; de esta forma se evitan los cables, siempre molestos y engorrosos. Es ideal para personas con audición disminuida, o para ser utilizados en determinados momentos, en los que no interesa molestar a las personas situadas en las proximidades. (Cortesía: Siemens).

CONSTRUCCION MODULAR DE LOS TELEVISORES

Hace pocos años, la totalidad de televisores requería quince o más válvulas y resultaba indispensable el empleo de un chasis metálico en el que se trababan los zócalos, transformadores, y se establecía el conexionado mediante conductores de cobre revestidos por una capa de material aislante. El advenimiento de los transistores y de los circuitos integrados ha permitido desechar este sistema que ofrecía múltiples inconvenientes, entre los cuales cabe mencionar una marcada inestabilidad de funcionamiento.

A base del empleo de semiconductores ha sido posible reducir notablemente el tamaño de los aparatos de recepción y su peso, a la par que se ha conseguido alcanzar una total estabilidad en el funcionamiento. El antiguo chasis metálico ha sido reemplazado por una placa de material plástico sumamente rígido, en una de cuyas caras (y en algunos casos en las dos) se ha impreso el circuito a base de líneas cobreadas que actúan ventajosamente como conexiones.

Esta técnica, ya de por sí extremadamente ventajosa, ha sido superada por medio del empleo de unidades modulares o módulos, cada uno de ellos corresponde a una o más etapas del televisor. Esta técnica disminuye el número de elementos a comprobar en el caso de una posible reparación. La figura 48 ilustra una construcción modular con blindajes que evitan la actuación de campos magnéticos sobre los

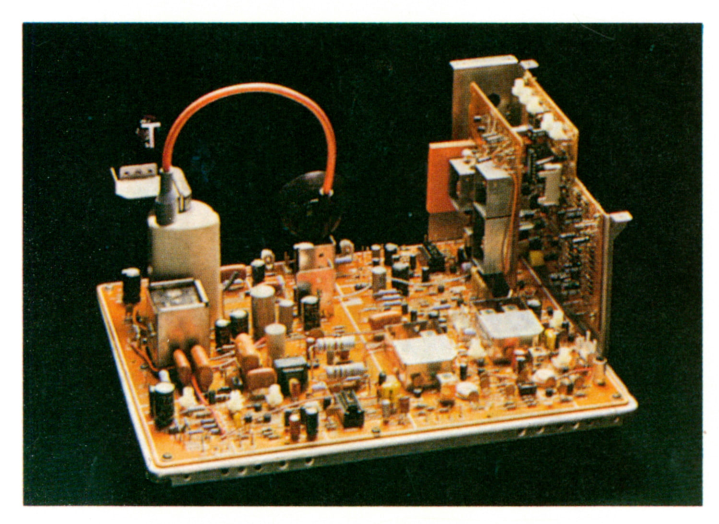


Figura 48. Platina de televisor con etapas modulares enteramente a semiconductores, básicamente a base de transistores y circuitos integrados.

restantes elementos, designándose con T el transformador de MAT que entrega la tensión ultraelevada al tubo de imagen.

En el diseño de los receptores de televisión se han vivido varias épocas como consecuencia de la competencia existente entre los diversos fabricantes y por un interés evidente en la simplificación del producto final.

Si los primeros televisores a válvulas presentaban configuraciones prácticas similares, el advenimiento de los semiconductores ha permitido rivalizar entre sí los diversos diseños tendentes a conseguir un menor volumen y menos componentes, ello permitía consumos de potencia más reducidos y una progresiva disminución en el coste.

Otro aspecto muy importante a considerar en los televisores, es precisamente el acceso a las diversas secciones que lo forman, primero durante el proceso de fabricación y ajuste en las cadenas de montaje, y después cuando alguna avería posterior exige su reparación.

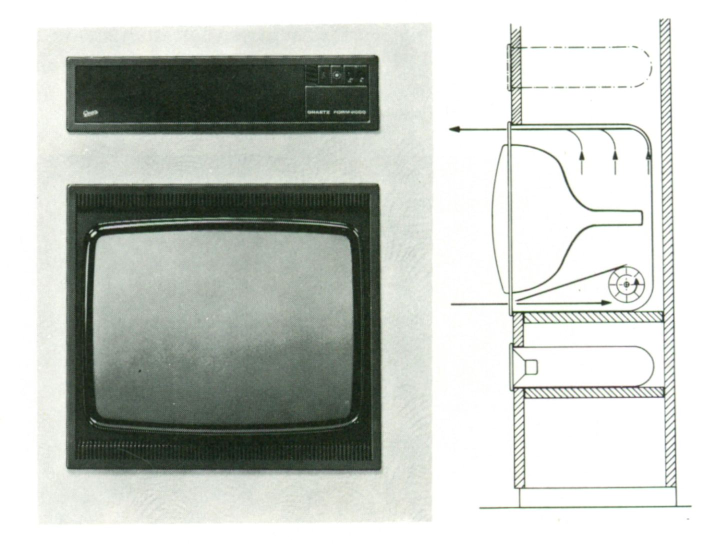
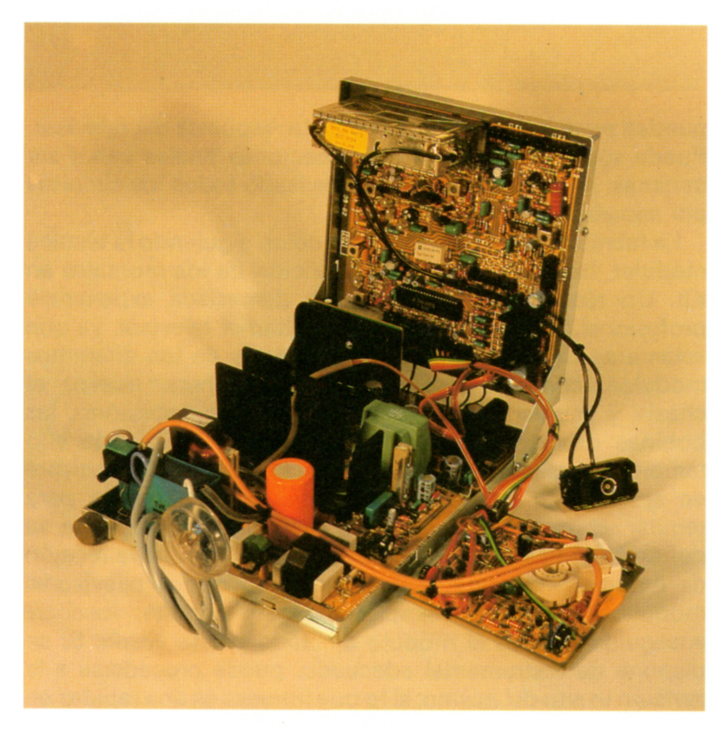


Figura 49. En los televisores que van empotrados en muebles, debe tenerse la precaución de garantizar una buena ventilación del mismo, practicando en el mueble entradas y salidas de aire. En algunos casos, dicha ventilación puede hacerse forzada con un pequeño y silencioso ventilador.

Los primeros televisores a válvulas podían repararse con facilidad, si la avería estaba localizada en alguna válvula agotada, agrietada o con el filamento cortado. Más adelante, los diseños de chasis híbridos comenzaron a incorporar algunos semiconductores en etapas de baja frecuencia y baja tensión, manteniendo en buena parte de los diseños el modelo de chasis formado por una base de gran tamaño que incorporaba o gobernaba la mayor parte de componentes. Este sistema, dificultaba mucho el proceso de fabricación al trabajar con piezas grandes de chasis primero, y de circuito impreso después, pero resultaba especialmente molesto en el momento de localizar una avería.

Poco a poco, los diferentes fabricantes han adoptado la técnica modular, que facilita el montaje automático de los componentes mediante máquinas insertadoras, y de soldadura automática.

La técnica modular permite el ajuste individualizado de cada sección del televisor, controlando perfectamente la respuesta del módulo con los monitores de prueba, para lograr la total fiabilidad del montaje. Si existe algún defecto motivado por un componente defectuoso o por una pista cortada puede detectarse enseguida y resolverlo sin ninguna dificultad.



Modelo de chasis modular y en Kit para televisión en color, de la firma Kobaltronic. Está dispuesto para montarse verticalmente, de manera que ocupe el menor espacio dentro de la caja.

Cuando los diferentes módulos que forman el televisor están ajustados, puede procederse al montaje y ensamblado final de los mismos. Posteriormente se efectuará un ligero retoque final, capaz de compensar las diferencias que



Televisor portátil «Lynitron Plus» de Elbe, dotado de un sintonizador electrónico, y diseñado para un consumo eléctrico reducido.

pueden aparecer en el conjunto de la respuesta del televisor. Puede suponerse que las modificaciones finales van a ser mínimas, si previamente se han revisado todos los circuitos por separado.

La fabricación de televisores en color, siguiendo la técnica modular, ha hecho posible la aparición de los montajes en Kit. Un técnico en televisión, sin demasiada experiencia profesional, puede montar sin dificultad el televisor, ya que solamente debe proceder al ensamblado de los diferentes módulos, conectar el sintonizador, botonera, altavoz al chasis, y acoplar sobre el tubo las bobinas deflectoras, las bobinas desmagnetizadoras y el módulo TRC; todo ello también asociado al chasis general. El paso final, consistirá en ajustar con un polímetro los valores de tensión para regular el comportamiento del conjunto, según que la deflexión se haga para tubos de 90° ó 110° y que la tensión de enfoque sea correcta. La reparación de los televisores modulares es muy simple, porque permite localizar enseguida cuál es el módulo afectado por la avería. Si se dispone de instrumental adecuado, puede procederse a la revisión in situ del mismo; si lo que interesa es una rapidez en la reparación, bastará sustituir el módulo averiado por otro en perfecto estado, dejando para una revisión más detenida en el laboratorio, su posterior reparación.

La inclusión de los circuitos integrados está siendo cada vez mayor, llegándose a fabricar televisores miniatura con solamente dos circuitos integrados.

